

编号：ZFHK-FB23220025

核技术利用建设项目

云阳县人民医院

新增数字减影血管造影机装置建设项目

环境影响报告表

(报批稿)

建设单位：云阳县人民医院

编制单位：中辐环境科技有限公司

编制时间：2023年7月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

云阳县人民医院
新增数字减影血管造影机装置建设项目
环境影响报告表

建设单位名称：云阳县人民医院

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：重庆市云阳县青龙街道亮水坪路 398 号

邮政编码：404500

联系人：王平满

电子邮箱：

联系电话：



环评编制主持人职业资格证书（复印件）



目 录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	10
表 3 非密封放射性物质.....	10
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.....	20
表 9 项目工程分析与源项.....	24
表 10 辐射安全与防护.....	32
表 11 环境影响分析.....	44
表 12 辐射安全管理.....	76
表 13 结论与建议.....	66
表 14 审批.....	69

表 1 项目基本情况

建设项目名称		云阳县人民医院新增数字减影血管造影机装置建设项目			
建设单位		云阳县人民医院			
法人代表	张建才	联系人	王平满	联系电话	***
注册地址		重庆市云阳县青龙街道亮水坪路 398 号			
项目建设地点		云阳县人民医院住院楼四层手术部			
立项审批部门		云阳县发展改革委	批准文号	2306-500235-04-01-414958	
建设项目总投资（万元）		800	项目环保投资（万元）	20	投资比例（环保投资/总投资） 2.50%
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 云阳县人民医院位于重庆市云阳县青龙街道亮水坪路 398 号，建院于 1940 年，是一所集医疗、急救、教学、科研、康复、预防、保健为一体的国家二级甲等综合医院，是重庆大学附属肿瘤医院云阳分院，川北医学院、重庆三峡医药高等专科学校教学医院，先后荣获“全国三八红旗单位”、“优质服务十佳医院”、重庆市首批“美丽医院”等称号。医院占地 160 余亩，建筑面积 17.2 万平方米，编制床位 800 张，开放床位 1210 张。现有员工 1336 人，其中博士 1 人、硕士 50 人，正高职称 32 人、副高职称 121 人。 1.2 项目由来 近年来，随着医疗服务对象的扩大及人民群众对医疗服务质量要求的提高，为促进城市建设和经济发展的需要，进一步改善当地医疗环境，云阳县人民医院拟新增一台数				

字减影血管造影机（以下简称“DSA”，II类射线装置），型号为飞利浦 Azurion5M20（单管头），最大管电压为125kV，最大管电流为1000mA，拟将医院住院楼四层手术部原预留的1间防辐射手术室改造为1间DSA机房。

医院现有项目环保手续情况：医院在2015年4月提交了《云阳县人民医院直线加速器及其他核技术应用项目环境影响报告表》，原重庆市环境保护局以“渝（辐）环准[2015]17号”予以批复（见附件3），此次环评批复许可门诊综合楼四楼安装2台DSA设备，现医院只购置并在门诊综合楼四楼使用1台DSA，且此批复不包含本项目拟改建的原预留防辐射手术室，因此开展本次环评。

对照《关于发布〈射线装置分类〉的公告》（环境保护部国家卫生和计划生育委员会公告2017年第66号），DSA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，云阳县人民医院委托中辐环境科技有限公司开展“云阳县人民医院新增数字减影血管造影机装置建设项目”（简称“本项目”）的环评工作。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、收集资料和委托现状监测等工作，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。

中辐环境科技有限公司于2023年3月20日对云阳县人民医院DSA项目现场踏勘，发现预留手术室目前为空置状态，已做屏蔽防护（随手术部整体工程统一装修），机房现状见附图14。2023年7月12日，重庆市生态环境局、云阳县生态环境局和有关专家对医院进行检查时，发现DSA设备已进行安装，未投入使用，根据相关法律法规，云阳县生态环境局对医院下达了督察意见，责令医院停止相关工作，不予行政处罚，在未取得环境影响评价文件批复和辐射安全许可证前，不得擅自投入使用。

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：云阳县人民医院新增数字减影血管造影机装置建设项目

(2) 建设地点：重庆市云阳县青龙街道亮水坪路398号云阳县人民医院住院楼四层手术部

(3) 建设性质：新建

(4) 建设单位：云阳县人民医院

(5) 建设规模：拟在医院住院楼四层手术部将原预留的1间防辐射手术室改造为1间DSA机房。购置并安装1台DSA（II类射线装置），型号为飞利浦Azurion5M20，其最大管电压为125kV，最大管电流为1000mA。本项目DSA机房配套建设控制室和设备间，更衣、麻醉、器械存放、污物通道和污物处置等依托现有手术部用房。

(6) 项目总建筑面积：140平方米。

(7) 项目投资：总投资约800万元，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 机房最小内空长宽尺寸约 10.8m×6.6m，层高约 4.5m（吊顶后顶部到地面的净空高度约 2.9m），有效使用面积约 71.28m ² 。	依托主体结构
	设备	DSA 机房内拟安装 1 台 DSA（II类射线装置，单管头），设备型号飞利浦 Azurion5M20，最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA。	新购设备
辅助工程	辅助用房	DSA 机房北侧拟设置控制室、南侧拟设置设备间	依托主体结构改造用房
		更衣室、麻醉间、器械存放室、污物通道和污物处置间等	依托
公用工程	给水	依托院内供水管网。	依托
	排水	雨污分流，雨水排入市政雨水管网，医疗废水经医院污水处理站处理达标后排入市政污水管网。	依托
	供配电	依托院内供配电系统。	依托
	通风	机房设计有通排风系统，采用机械排风、进风。	新建
环保工程	废水处理措施	项目产生的少量医疗废水依托医院的污水管网收集至医院污水处理站（处理能力 1000m 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 机房拟设置动力通风，设置一个排风口、三个送风口，均布置在顶棚上；废气引至 5 楼设备层排	新建

		风管道最终排放至室外。	
	固废处理措施	介入手术过程中产生的医疗废物依托住院楼手术部的医疗废物收集系统收集，暂存于医院医疗废物暂存间，交有资质单位处理。 辐射工作人员产生的生活垃圾依托医院的生活垃圾收集系统收集，统一交环卫部门处理； 废铅防护用品由医院收集、暂存，并做好相应记录，交有资质单位处理。 DSA 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。	依托
	辐射防护	采用足够厚度的防护铅板、铅玻璃、防护铅门、混凝土等作为机房屏蔽防护体。	依托主体结构改造用房，并安装门灯连锁、电离辐射警告标志等

1.3.2 辐射防护方案设计

本项目拟在医院住院楼四层手术部将原预留的1间防辐射手术室改造为1间DSA机房，防辐射手术室屏蔽防护已做，机房四周墙体、顶棚、地坪、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	内空长宽尺寸约10.8m×6.6m，层高约4.5m，吊顶后顶部到地面的净空高度约2.9m，有效使用面积约71.28m ² 。	四周墙体	龙骨隔墙+4mm 铅板+方管龙骨+防潮石膏板+电解钢板
		机房顶棚	12cm 厚现浇混凝土+3mm 铅板+方管龙骨+防潮石膏板+电解钢板
		机房地坪	12cm 厚现浇混凝土+3cm 厚硫酸钡涂层
		4 个防护门	3mmPb
		观察窗	3mmPb

备注：铅密度11.3 g/cm³，混凝土密度2.35g/cm³，硫酸钡涂层密度3.2g/cm³。

1.3.3 设备配置

项目主要配套设施设备见表1-3。

表1-3 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	1 台	DSA 机房	介入手术	II类射线装置，型号飞利浦 Azurion5M20，单管头
2	电源柜	1 套	设备间	DSA 配电	DSA 配套设备
3	高压发生柜	1 套	设备间	DSA 高压装置	

4	系统控制柜	1 套	设备间	设备控制和数据传输	介入手术配套设备
5	控制系统	1 套	控制室	DSA 设备操作	
6	中心供氧装置	1 套	DSA 机房	患者供氧	
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	移动防护屏	1 套	DSA 机房	机房内工作人员防护, 2mmPb	/

1.3.4 项目劳动定员、工作制度及工作负荷

医院现有DSA设备1台（2015年环评批复许可2台，医院现只购置1台），介入工作人员21人，人员储备较充足，本项目辐射工作人员拟配备11名辐射工作人员，包括6名医生、3名护士、1名影像医师和1名影像技师。人员均在医院现有介入工作人员中调配，不新增医院总劳动定员。

工作制度：辐射工作人员年工作250天，实行轮休制。

1.4 工作负荷

根据医院提供的资料，项目预计年开展介入手术约300台，手术类型包括心脏介入手术（200台/年）、神经介入手术（80台/年）和综合介入手术（20台/年）。

1.5 外环境概况

医院位于重庆市云阳县青龙街道亮水坪路398号，医院东南侧为杨沙支路和云阳大道，隔路为在建居民楼，西南侧为民德一支路，隔路为亮水东苑小区，西北侧为医院北干道，隔路为梯田，东北侧为山地。项目地理位置图见附图1。

本项目拟建于住院楼四层手术部，住院楼（21F/吊2F/-1F）位于医院东北侧，西北侧1F与北干道相连，北干道以北为山地，机房距离北干道约75m；西南侧紧邻门诊综合楼，隔门诊综合楼外有行政后勤楼，民德一支路，亮水东苑小区，机房距离亮水东苑小区约300m；东南侧吊2F与医院内广场相连，隔广场为营养食堂和锅炉房，机房距离东南侧营养食堂约48m(水平距离，高差23m)，锅炉房约70m（水平距离）；东北侧为山地，山上有云阳森华驾校，机房距离云阳森华驾校约150m。医院外围环境卫星图见附图2，医院总平面布置图见附图3。

表1-4 项目所在楼（住院楼）外环境关系表

序号	名称	方位	水平距离 DSA 机房	高差	环境特征
----	----	----	----------------	----	------

1	门诊综合楼	西南侧	约 20m	两建筑 1F 地面齐平	医院用房, 5F/吊 3F, 约 200 人
2	亮水东院小区	西南侧	约 300m	两建筑 1F 地面齐平	住宅小区
3	北干道	西北侧	约 75m	地面与本项目建筑 1F 地面齐平	市政道路
4	营养食堂	东南侧	约 48m	地面与本项目建筑-2F 地面齐平(立体距离大于 50m)	医院用房, 4F, 约 50 人
5	锅炉房	东南侧	约 70m	地面与本项目建筑-2F 地面齐平	医院内部道路
6	云阳森华驾校	东北侧	约 150m	地面约与本项目建筑 2F 地面齐平	驾校, 约 20 人

本项目机房周围 50m 范围主要为医院门诊综合楼及院内道路等, 项目周边保护目标主要为该医院从事本项目放射诊疗的辐射工作人员以及 50m 评价范围内活动的公众成员。

1.6 项目选址可行性分析

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。DSA 机房选址于医院住院楼四层手术部原预留的 1 间防辐射手术室, 控制室位于机房东北侧, 设备间位于机房西南侧, 机房西北侧为与门诊综合楼相连连廊, 机房东南侧为手术部洁净区内走廊, 楼上为空调机房, 楼下为重症医学科办公室、医护走廊和病房; 机房选址不影响医院其他诊疗活动和医院的整体布局, 同时医院考虑了保守的防护方案, 对周围环境影响甚微。此外, 根据现状监测结果, 场址的辐射环境质量状况良好, 适宜本项目的建设。

因此, 从辐射环境保护角度分析, 项目选址可行。

1.7 项目建设背景

1.7.1 医院现有项目环保手续情况

云阳县人民医院已建成多年, 并于 2013 年 6 月进行了环评, 取得了环评批复(渝(云阳)环准〔2013〕075 号)。

医院现有辐射类项目环保手续情况: 医院在 2015 年 4 月提交了《云阳县人民医院直线加速器及其他核技术应用项目环境影响报告表》, 原重庆市环境保护局以“渝(辐)环准[2015]17 号”予以批复(见附件 3), 此次建设内容和规模为使用 20 台射线装置、使用非密封放射性物质 ^{99m}Tc 、 ^{131}I 、 ^{89}Sr 、 ^{32}P 和 ^{125}I (粒子)和建设 1 处乙级非密封性物质工作场所(门诊综合楼吊 3 楼核医学科), 其中 3 台 II 类射线装置(1 台直线加速

器 2 台 DSA) 和 17 台 III 类射线装置。现有辐射类项目与原环评批复变化情况：医院现有射线装置 20 台，15 年环评中有 2 台 DSA，目前医院只购买并使用 1 台，住院楼负二层放疗科新增 1 台模拟定位 CT（已备案见附件 3，备案号：202050023500000561）。现有辐射类项目均已验收。（除备案的 III 类射线装置）。

医院自 2018 年搬迁新院以来，未收到过环保投诉，无环保遗留问题。

1.7.2 医院核技术利用项目开展情况

(1) 医院核技术利用项目开展情况

医院现持有《辐射安全许可证》（渝环辐证[00167]，发证日期：2021 年 1 月 4 日，有效期至 2024 年 8 月 21 日，许可的种类和范围：使用 II 类、III 类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级非密封放射性物质工作场所。

医院使用非密封放射性物质、现有射线装置具体情况见表 1-5 和 1-6 所示。

表1-5 医院非密封放射性物质一览表

序号	工作场所名称	场所等级	核素	日等效最大操作量 (贝可)	年最大用量 (贝可)	活动种类
1	核医学科	乙	钨-99m	2.96E+8	1.48E+12	使用
2	核医学科	乙	锶-89	7.4E+7	1.48E+12	使用
3	核医学科	乙	磷-32	7.4E+7	4.4E+9	使用
4	核医学科	乙	碘-131	4.44E+8	3.88E+12	使用
5	核医学科	乙	碘-125 (粒子)	5.92E+5	2.16E+9	使用

表1-6 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	直线加速器	XHA600D	II	1 台	住院楼负二层直线加速器机房	在用
2	模拟定位机	SOMATOM Emotion	III	1 台	住院楼负二层模拟定位机房	在用
3	医用 X 射线诊断机（胃肠机）	Uni-Vision	III	1 台	门诊综合楼负一层数字胃肠室	在用
4	移动 X 射线诊断机（C 形臂）	Brivo OEC715	III	1 台	住院楼四层 A7 手术室	在用
5	移动 X 射线诊断机（C 形臂）	WHA-200	III	1 台	住院楼四层 A8 手术室	在用
6	医用 X 射线诊断机（乳腺机）	Senographe Crystal	III	1 台	门诊综合楼负一层乳腺室	在用
7	骨密度仪	Prodigy Primo	III	1 台	住院楼一层体检中心骨密度室	在用
8	DSA	Optima IGS 330	II	1 台	门诊综合楼四层介入一室	在用

9	医用 X 射线诊断机 (DR)	Definium 600	III	1 台	门诊综合楼负一层 DR3 室	在用
10	医用 X 射线诊断机 (DR)	Definium 600	III	1 台	门诊综合楼负一层 DR2 室	在用
11	医用 X 射线诊断机 (DR)	Definium 600	III	1 台	门诊综合楼负一层 DR4 室	在用
12	医用 X 射线诊断机 (DR)	RAD SPEEDM	III	1 台	住院楼一层体检中心 DR 室	在用
13	医用 X 射线诊断机 (口腔全景机)	Kodak9000	III	1 台	门诊综合楼二层第二牙片机室	在用
14	X 射线计算机提层摄影装置 (16CT)	SOMATOM Scope	III	1 台	门诊综合楼负一层 CT1 室	在用
15	X 射线计算机提层摄影装置 (64CT)	Optima CT670	III	1 台	门诊综合楼负一层 CT2 室	在用
16	医用 X 射线诊断机 (口腔 CT 机)	OP300-1	III	1 台	门诊综合楼四层第一牙片机室	在用
17	移动 X 射线诊断机 (床旁机)	MUX-200D	III	1 台	住院楼三层重症医学科	在用
18	医用 X 射线诊断机 (牙片机)	SanoR-90	III	1 台	门诊综合楼负一层牙片室	在用
19	移动 X 射线诊断机 (G 形臂)	DigiArc 100AC	III	1 台	住院楼四层 A9 手术室	在用
20	X 射线计算机提层摄影装置 (16CT)	Symbia Intevo Bold	III	1 台	门诊综合楼负三层核医学科	在用

经现场调查，云阳县人民医院现有辐射工作人员 82 人，已为每名辐射工作人员配置个人剂量计，建立个人剂量监测档案和职业健康体检档案，个人剂量监测结果符合要求，体检均正常。辐射工作人员参加辐射安全防护培训，并通过考核。医院委托有资质单位对现有各辐射场所的屏蔽能力进行了监测，屏蔽能力满足要求。近五年，医院未发生过辐射事故，也未收到辐射环保投诉，也未产生辐射环保纠纷，无相关环保遗留问题。

1.7.3 本项目场地建设现状

经现场调查，本项目拟建场址为医院原预留的防辐射手术室，手术室目前为空置状态，已做屏蔽防护（随手术部整体工程统一装修），现场状态见附图 11。预留手术室内空尺寸为 10.8m×6.6m，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）表 2 中单管头 X 射线设备(含 C 形臂，乳腺 CBCT) 使用面积、单边长度的要求。住院楼四楼手术部现状图见附图 5，本项目建成后住院楼四楼手术部平面图见附图 6。可见，为本项目拟建控制室和设备间均为手术部原用房规划，本项目所依托的更衣室、麻醉间、器械存放室、污物通道和污物处置间等均有手术部现有用房，本项目建成后不对住院楼四楼

手术室的现状布局产生影响。

住院楼四楼手术部现有 2 台 C 形臂（III类射线装置），位于手术室 A7 和 A8，根据医院提供的射线装置年度监测报告可知，这两台III类射线装置周围辐射剂量水平满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的相关规定要求。

因此，本项目建设场地不存在环境问题。

1.7.4与医院整体的依托可行性分析

本项目与医院依托可行性分析详见表 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		项目位于住院楼，机房为预留手术室，不对建筑主体结构进行改造，因此，项目主体建筑结构依托可行。
公用工程	给水	医院由市政供水管网供给，项目位于医院内，依托医院供水管网供水可行。
	排水	医院实行雨污分流。雨水排入市政雨水管网；医疗废水经医院污水处理站达标排入市政污水管网。因此，本项目依托医院总体排水管网排水可行。
	供配电	医院用电由市政电网引入，同时医院配置有应急电源柴油发电机，解决停电时临时需要。因此，项目依托医院供电系统可行。
环保工程	废水	项目所在楼产生的生活污水依托医院的污水管网收集至医院污水处理站（处理能力为 1000m ³ /d），本项目在污水处理站的接纳范围。因此，项目废水依托医院污水处理站处理可行。
	固废	本项目医疗废物暂存依托住院楼四层手术部医疗废物暂存间，手术部医疗废物暂存间手术部南侧，面积约 10m ² 。医疗废物经分类收集，暂存于医疗废物暂存间，定期交有资质单位清运和处置。医疗废物暂存间按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）进行防渗、防腐、硬化处理。医院危险废物交具备相应类别危险废物处置资质的单位。医疗废物暂存间设计时考虑了项目所在楼（包含本项目）的所有医疗废物暂存量。因此，项目依托可行。
辐射工作人员		本项目不新增辐射工作人员，辐射工作人员在医院现有介入工作人员中调配。现有辐射工作人员已配置个人剂量计，建立职业健康体检档案等。因此，本项目调配现有辐射工作人员可行。
辐射安全管理		医院已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并制定了相应的辐射安全管理制度，且医院已有在用的 1 台 DSA，有一定运行经验，因此能依托现有的辐射环境管理机构和管理制度、设备的相关制度。本项目运营前，医院还应对现有辐射环境管理制度进行完善、修订。

根据上表可知，项目依托医院现有的给排水及供配电工程、污水处理站、医疗废物及生活垃圾收运系统和辐射环境管理机构及人员等是可行的。

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) × 枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
本项目不涉及。								

注：放射源包括放射性中子源，对其要说明是何种核素以及产生的中子流强度（n/s）。

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大 操作量 (Bq)	日等效最大 操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
本项目不涉及。										

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）。

表 4 射线装置

（一）加速器：包括医用、工农业、科研、教学等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	DSA	II	1	飞利浦 Azurion5M20	125	1000	介入治疗	住院楼四层 DSA 机房	新购
以下空白									

（三）中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压（kV）	最大靶电流（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。								

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, 自 2003 年 9 月 1 日起施行; 2016 年 7 月 2 日第一次修订; 2018 年 12 月 29 日第二次修订), 中华人民共和国主席令第 48 号, 2018 年 12 月 29 日施行修订版; (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) 《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 253 号发布施行; 2017 年 7 月 16 日中华人民共和国国务院令 682 号修订), 自 2017 年 10 月 1 日起施行修订版; (5) 《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 449 号公布, 2014 年 7 月 29 日经中华人民共和国国务院令 653 号修订, 2019 年 3 月 2 日经中华人民共和国国务院令 709 号修订), 自 2019 年 3 月 2 日起施行修订版; (6) 《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 31 号公布, 2008 年 12 月 6 日经环境保护部令 3 号修正, 2017 年 12 月 20 日经环境保护部令 47 号修正, 2019 年 7 月 11 日经生态环境部令 7 号修改, 2020 年 12 月 25 日经生态环境部令 20 号修改), 2021 年 1 月 4 日施行修改版; (7) 《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 日环境保护部令 18 号), 自 2011 年 5 月 1 日起施行; (8) 《关于发布<射线装置分类>的公告》(环境保护部国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号), 2017 年 12 月 5 日起施行; (9) 《建设项目环境影响评价分类管理名录(2021 年版)》(中华人民共和国
------	--

	国生态环境部令第 16 号），自 2021 年 1 月 1 日起施行； （10）《产业结构调整指导目录（2019 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 号修改），自 2021 年 12 月 30 日起施行修改版； （11）《重庆市环境保护条例》，2022 年 11 月 1 日修订版实施； （12）《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； （13）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。
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）《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）； （5）《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）； （6）《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）； （7）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）； （8）《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》（WS76-2020）； （9）《急性外照射放射病的诊断标准》（GBZ104-2017）；
其 他	（1）环境影响评价委托书，见附件 1； （2）辐射安全许可证，见附件 2； （3）环境现状监测报告（编号：GABG-HJ23380040），见附件 4； （4）医院现有辐射环境管理制度，见附件 7； （5）NCRP147 号报告《Structural shielding Design for Medical X-ray ImagingFacilities》； （6）《辐射防护导论》； （7）《实用辐射安全手册》（第二版）（丛慧玲，北京：原子能出版社） （8）医院提供的防护方案等其他资料。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

按照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的相关规定，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，本项目评价范围见附图 3。

7.2 环境保护目标

本项目 DSA 机房由医院住院楼四层手术部原预留的 1 间防辐射手术室改造而成。DSA 机房东北侧紧邻 DSA 控制室，之外为麻醉库房、麻醉准备间、无菌库房等；西北侧为与门诊综合楼相连的开敞连廊；西南侧紧邻 DSA 设备间、污物通道，之外为手术部其他手术室；东南侧为手术部洁净区内走廊，之外为手术部其他手术室，机房上方为手术部空调机房，楼下为重症医学科办公室、医护走廊和病房。本项目评价范围见附图 3，机房楼上楼下房间功能示意图见附图 11。

本项目 DSA 机房周围 50m 评价范围内环境保护目标统计情况见表 7-1。

表7-1 DSA机房周围环境保护目标一览表

序号	敏感目标名称	方位	距离	高差	所在楼层	敏感目标特性	受影响人群
1	控制室	东北	紧邻	0	DSA 机房同层 (住院楼四层)	项目用房，约 1 人	辐射工作人员
	麻醉准备间		约 3m	0		医院用房，约 1 人	公众成员
	麻醉库房		约 3m	0		医院用房，一般无人	公众成员
	无菌库房		约 3.5m	0		医院用房，一般无人	公众成员
	电梯厅、换车处		约 20m	0		医院用房，流动人员	公众成员
	手术部医生通道		约 35m	0		医院用房，约 20 人	公众成员
2	与门诊综合楼相连的开敞连廊	西北	紧邻	0		医院用房，流动人员	公众成员
3	手术部西北侧手术室、护士站	西北	约 40m	0		医院用房，约 10 人	公众成员
4	设备间	西南	紧邻	0		项目用房，一般无人	公众成员
	A8 和 A9 手术室		约 3m	0		医院用房，约 5 人	公众成员
5	污物暂存间、清洁间、标本间、器械处理交接室	南侧	约 15m	0		医院用房，约 2 人	公众成员
6	洁净区内走廊	东南	紧邻	0		医院用房，流动人员	公众成员
	手术部 A6 和 A7 控制室工作人员		约 5m	0		医院用房，约 5 人	公众成员

	手术部 A1-5 手术室		约 5m	0		医院用房, 约 20 人	公众成员
7	手术部空调机房	楼上	/	3.6	5 层	医院用房, 一般无人	公众成员
	住院楼 6 层及以上公众	楼上	/	7.5	6 层及以上	医院用房, 流动人员	公众成员
8	重症医学科办公室及医护走廊	楼下	/	-4.5	3 层	医院用房, 约 15 人	公众成员
	重症医学科病房	楼下	/	-4.5	3 层	医院用房, 约 10 人	公众成员
	住院楼 3 层 (除机房正下方重症医学科办公室及医护走廊和重症医学科病房外) 及以下公众	楼下	/	-4.5	3 层及以下	医院用房, 流动人员	公众成员
9	50m 评价范围内的其他公众	周围	/	50m 内	四周	医院用房及道路, 流动人员	公众成员
注: 营养食堂距本项目 DSA 机房水平距离 48m, 高差 23m, 直线距离约 53m, 不在本项目评价范围内, 因此环保目标不考虑营养食堂。							

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。

4.3.2 剂量限制和潜在照射危险限制

B1 剂量限值

B1.1.1.1 应对工作人员的照射水平进行控制, 使之不超过下述控制值。

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

b) 任何一年中的有效剂量, 50mSv。

B1.2 公众照射

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

7.3.2 《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。

6.1 X 射线设备机房布局

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

6.1.2 X 射线设备机房（照射室）的设置应充分考虑邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全。

6.1.3 每台固定使用的 X 射线设备应设有单独的机房，机房应满足使用设备的布局要求；每台牙椅独立设置诊室的，诊室内可设置固定的口内牙片机，供该设备使用，诊室的屏蔽和布局应满足口内牙片机房防护要求。

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

表 7-2 X 射线设备机房（照射室）使用面积及单边长度

设备类型	机房内最小有效使用面积 ^d m ²	机房内最小单边长度 ^e m
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。

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

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。

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;

6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。

6.5 X 射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求

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

表 7-4 个人防护用品和辅助防护设施配置要求

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

注 1：“——”表示不要求。
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。

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 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》（GB18597-2023）执行。

7.3.4 评价标准及相关参数值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求，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；条款 11.4.3.2 规定：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）的范围内。

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

年剂量限值要求			执行依据
分类	年有效剂量管理目标值	年剂量限值	
辐射工作人员	5mSv/a	20 mSv/a	
公众成员	0.1mSv/a	1 mSv/a	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》 （GB18871-2002）
医院管理要求			执行依据
分类	年有效剂量管理目标值	年剂量限值	
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）
环境辐射剂量率控制			执行依据
透视条件下，距离 DSA 机房外 30cm 处	具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下测时，距离介入室四周墙体、门、窗表面 30cm，顶棚上方（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。		
摄影条件下，距离 DSA 机房 30cm 处	具有短时、高剂量率曝光的摄影程序（如屏片摄影）机房外的周围剂量当量率应不大于 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）	
DSA	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

云阳县人民医院位于重庆市云阳县青龙街道亮水坪路398号，地理位置图见附图1。本项目拟建住院楼四层手术部，医院总平面布置图和住院楼四层手术部现有平面图分别见附图3和5。

- (1) 环境现状评价对象：拟建辐射项目区域及周边环境
- (2) 监测因子： γ 辐射剂量率
- (3) 监测点位：本项目共设 15 个监测点位。本项目 DSA 机房由原预留防辐射手术室改建，根据现场调查，拟建区域房间布局已定，因此对拟建机房内及六面布点，并且对住院楼四周环境及北干道和营养食堂进行布点，监测布点既考虑了机房紧邻区域，有考虑了可能受影响环保目标，因此，布点设置合理。监测点位见图 8-1 和图 8-2。

图8-1 本项目机房监测点位图

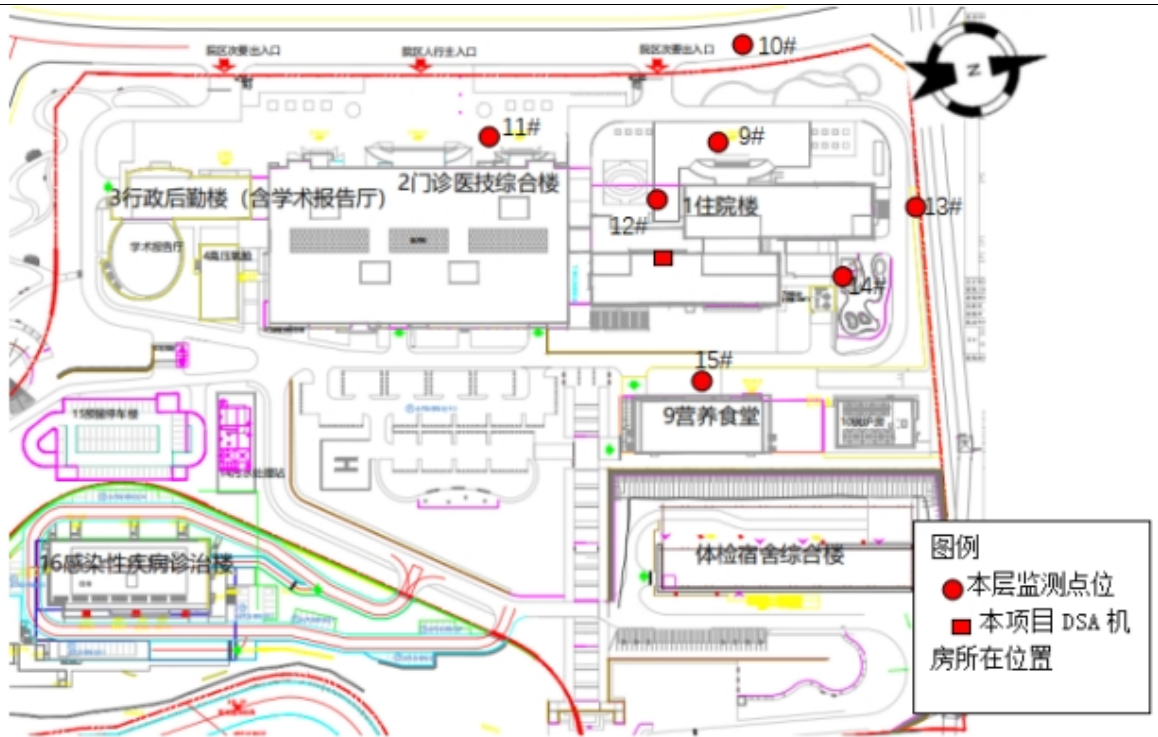


图8-2 本项目机房外环境监测点位图

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，浙江建安检测研究院有限公司于2023年5月18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：GABG-HJ23380040。

- (1) 监测单位：浙江建安检测研究院有限公司
- (2) 监测日期：2023年5月18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》（HJ1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）
- (5) 监测工况：辐射环境现状
- (6) 天气环境条件：天气：晴；温度：23℃；相对湿度：52%
- (7) 其他：因本项目建设位置南侧有两间C臂机房，本项目现状监测时两间机房C臂机均处于未出束状态。
- (8) 监测设备

表 8-1 监测设备参数表

仪器名称	便携式 X、 γ 辐射周围剂量当量率仪
仪器型号	6150AD6/H+6150AD-b/H
生产厂家	automess
仪器编号	05038417
能量范围	38keV-7MeV
量 程	模拟量程：10nSv/h-100 μ Sv/h；数字量程：1nSv/h-99.9 μ Sv/h
检定单位	中国计量科学研究院
检定证书	DLjl2022-06888
检定有效期	2022 年 7 月 18 日~2023 年 7 月 17 日

8.3.2 质量保证措施

①本项目辐射环境监测单位为浙江建安检测研究院有限公司，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，严格按照浙江建安检测研究院有限公司《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

监测点编号	监测点位置	监测结果（nGy/h）		备注
		测量值	标准差	
1	拟建 DSA 机房内部	65	4	楼房
2	东侧洁净区内走廊	56	4	楼房
3	南侧拟建设备间	66	4	楼房

4	南侧污物通道	63	4	楼房
5	西侧开敞连廊	66	4	楼房
6	北侧拟建控制室	54	4	楼房
7	DSA 机房上方空调机房	69	3	楼房
8	DSA 机房下方重症医学科病房	59	3	楼房
9	住院楼前空地	60	5	道路
10	医院北主干道	54	3	道路
11	门诊医技综合楼前空地	56	5	道路
12	住院楼南侧	53	5	道路
13	住院楼北侧	49	4	道路
14	住院楼北侧绿化带	50	6	道路
15	营养食堂西侧	59	6	道路

注：1、测量时探头距离地面约 1m；

2、每个监测点测量 10 个数据取平均值，以上监测结果均已扣除仪器对宇宙射线的响应值；

3、环境 γ 辐射空气吸收剂量率=读数平均值 $\times$ 校准因子 k_1 $\times$ 仪器检验源效率因子 k_2 $\div$ 空气比释动能和周围剂量当量的换算系数-屏蔽修正因子 k_3 $\times$ 测量点宇宙射线响应值 D_c ，校准因子 k_1 为 1.01，仪器使用 ^{137}Cs 进行校准，效率因子 k_2 取 1，换算系数为 1.20Sv/Gy， k_3 楼房取 0.8、平房取 0.9、原野和道路取 1，仪器对宇宙射线的响应值为 26nGy/h。

8.4 环境现状调查结果的评价

根据监测统计结果可知，本项目工作场所及周边区域 γ 辐射剂量率的监测值在 75nGy/h~95nGy/h 之间（未扣除宇宙射线响应值），根据重庆市 2022 年辐射环境质量监测数据，重庆市 γ 辐射累积剂量各点位测量均值范围为空气吸收剂量率平均值为 78.0nGy/h~119nGy/h，全市各点位均值为 94.5nGy/h（未扣除宇宙射线响应值），拟建项目所在工作场所及周边区域的辐射水平在正常涨落范围内。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 施工期

本项目相关用房依托医院主体结构改造，本项目机房为原预留的 1 间防辐射手术室改造而成，防辐射手术室为屏蔽防护已做，墙面装修已做。现有手术室墙面设施已不能满足 DSA 设备所需功能，须对现有装饰墙面进行拆除。施工期主要为原手术室墙面装饰拆除、墙面重新装修和设备的安装等工作，不新增用地。其工艺流程及产物环节见图 9-1。

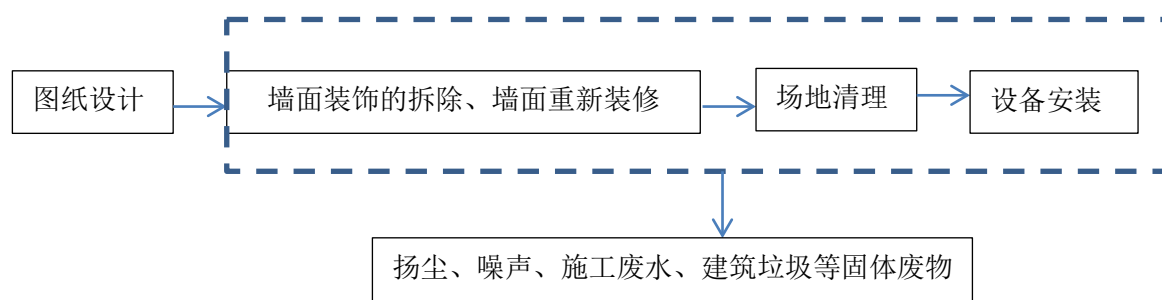


图9-1 项目施工期工艺流程及产污环节图

根据上图，项目施工期主要污染因子有：噪声、扬尘、废水、固体废物等。

扬尘：主要为墙面装饰拆除时产生的扬尘，装修机械敲打、钻动墙体等产生的粉尘；

噪声：主要来自于墙面装饰拆除、墙面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：主要为墙面装饰拆除、装修过程产生的建筑垃圾，以及施工人员产生的生活垃圾。根据项目工程量，建筑垃圾共产生约 2t。

9.2 运行期

9.2.1 DSA 工作原理及产污环节

(1) DSA 设备组成及工作方式

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 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。DSA 工作示意图见图 9-3。



图9-2 DSA典型实物照片（示例）

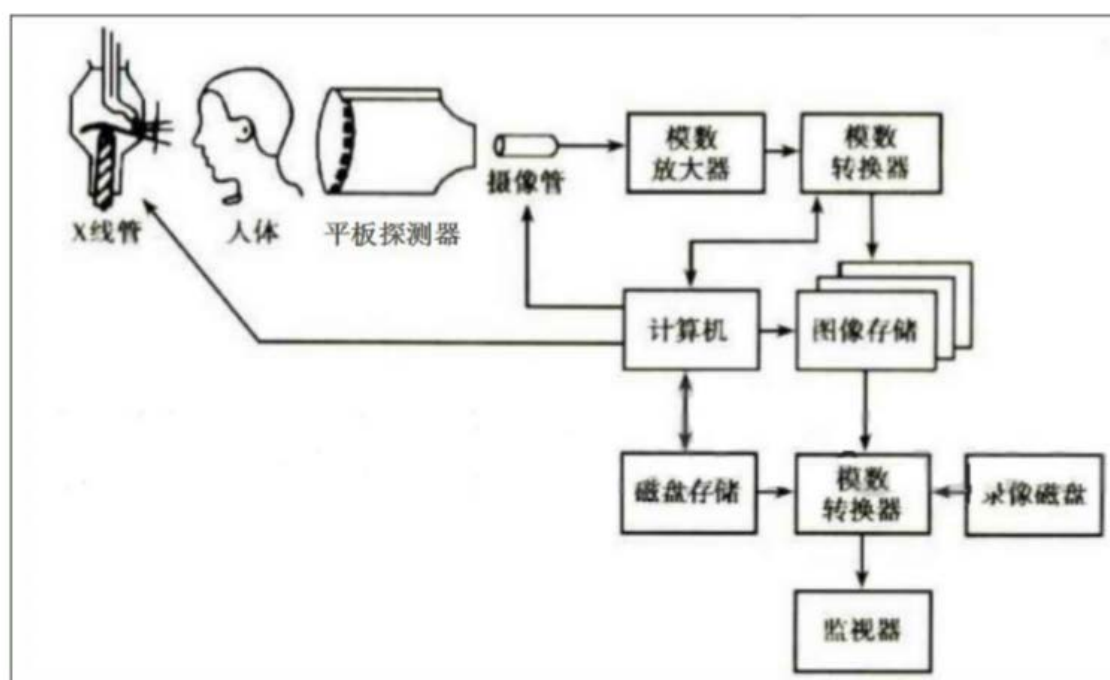


图9-3 DSA工作示意图

(2) DSA 工作原理

①X 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 9-4，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（对影像增器的图像进行一系列扫描，再经过模/数-数/模转换）等方式进行成像。

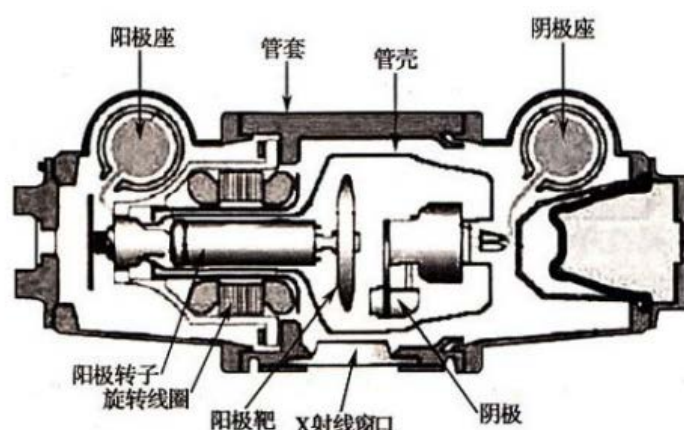


图 9-4 典型 X 射线管结构图

②DSA 工作原理

数字减影血管造影技术（Digital Subtraction Angiography，简称“DSA”）是血管造影术和电子计算机图像处理技术相结合的产物。DSA 成像的基本原理是将受检部位注入造影剂（造影剂主要成分为碘帕醇，是为增强影像观察效果而注入（或服用）到人体组织或器官的化学制品，不含有放射性）之前和注入造影剂后的血管造影 X 射线荧光图像，分别经影像增强器增益后，再用高分辨率的电视摄像管扫描，将图像分割成许多的小方格，做成矩阵化，形成由小方格中的像素所组成的视频图像，经对数增幅和模/数转换为不同数值的数字，形成数字图像并分别储存起来，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/模转换为普通的模拟信号，获得去除骨骼、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 引导下进行一系列的介入检查与诊疗手术。在手术过程中，介入手术医生在床旁并在 X 射线导视下进行操作。

DSA 在进行曝光时分为两种情况：

第一种情况，采集。采集包括电影和减影两种模式，根据手术方案，采集次数不同。一般情况下，电影模式下是医生在 DSA 机房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 机房内身着铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套等个人防护用品。

第二种情况，透视。病人需进行介入手术治疗时，为更清楚地了解病人情况时会有连续曝光，并采用连续脉冲透视，此时介入手术医生位于铅悬挂防护屏（或铅防护吊帘）、床侧防护帘（或床侧防护屏）等辅助防护设施后，并身着铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套等个人防护用品在 DSA 机房内对病人进行直接的介入手术操作。

操作流程及产污环节示意图见图 9-5 所示。

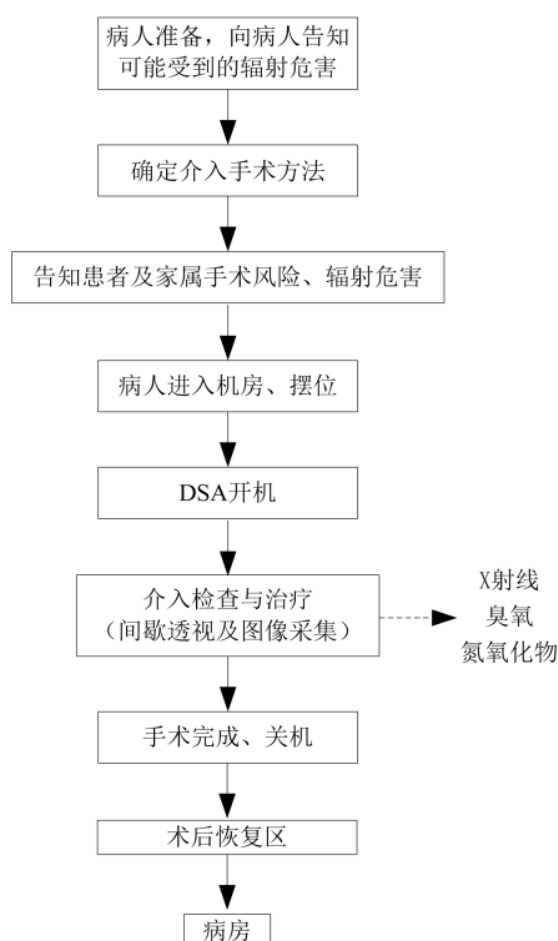


图9-5 DSA操作流程及产污环节示意图

(3) 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 11人	200台	约20min	约66.67h	
神经介入		20台	约21min	约7h	
综合介入		80台	约21min	约28h	
小计	/	/	/	约101.67h	
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	20台	6~10s	4~10次	约1.7min	约0.57h
综合介入	80台	3~8s	7~15次	约2min	约2.67h
小计	/	/	/	/	约5.57h
总计	/	/	/	/	约107.24h

根据介入手术年工作负荷可知，本项目DSA年透视时间共约101.67h，采集时间约5.57h，总年有效开机时间约107.24h。

9.2.2 污染因子

（1）X 射线

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

（2）其他

DSA运行过程不产生放射性废水、废气和放射性固体废物。

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

9.3 路线规划

医生路线：医生通道→洁净区内走廊→DSA机房，手术结束后原路返回；

技师路线：医生通道→洁净区内走廊→医生刷手处→控制室；

病人路线：电梯厅→换床处→洁净区内走廊→DSA机房，手术结束后原路离开。

污物路线：手术结束后专人从DSA机房将手术污物从南侧污物通道运出→手术部东

南侧污物暂存间暂存，之后统一由专人通过污物电梯厅运至医院医疗废物暂存间。

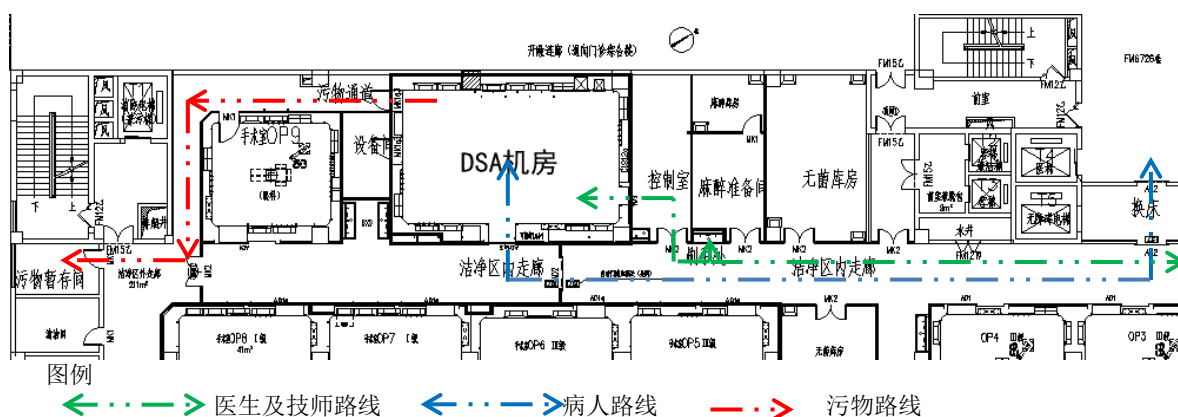


图 9-6 本项目人员物流走向示意图

9.4 污染源项描述

(1) 电离辐射

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

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

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

根据射线衰减原理和《辐射防护导论》，不同过滤条件下距靶1m处的X射线发射率如下图9-7所示。

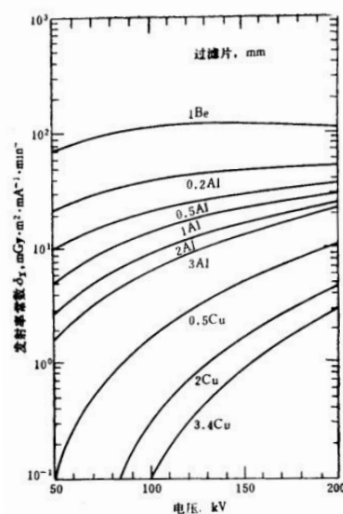


图 9-7 不同过滤材质在恒电位 X 射线发生器在距靶 1m 处的发射率

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

表9-2 最大电压和常用最大电压距靶1m处有用线束的发射率

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

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

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

（2）废气

X 射线与空气作用，可以使气体分子或原子电离、激发，产生臭氧和氮氧化物，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

本项目不新增辐射工作人员，故不新增生活污水。本项目产生的少量医疗废水排入院污水处理站统一处理，达标后排入市政管网。

（3）固废

介入手术产生废一次性医疗用品、器械等主要为感染性和损伤性废物，属于《国家危险废物名录》中 HW01 医疗废物。医院在 DSA 机房内设置感染性和损伤性废物收集桶，并粘贴标识。手术过程中产生废物每日及时运至污物暂存间暂存，经打包后转运至医院医疗废物暂存间，再统一交有资质单位处理。

DSA 在运行时采用实时成像系统，不洗片，无废片产生。项目产生生活垃圾依托院内生活垃圾暂存间暂存交环卫部门处理。项目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，由医院收集妥善暂存，并做好相应记录，交有资质单位处理。DSA 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。

9.5 本项目主要产排污汇总

综上，本项目主要污染物产生情况统计汇总见表 9-3。

表9-3 污染因子一览表

工作场所	影响因素	主要污染因子	产排量
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（依托医院医疗废物暂存间暂存后交有资质单位处置）
		废铅防护用品	少量（医院收集妥善暂存，并做好相应记录，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造单位或交物资回收单位处置。）

表 10 辐射安全与防护

10.1 布局与分布

10.1.1 项目布局合理性分析

本项目 DSA 机房由医院住院楼四层手术部原预留的 1 间防辐射手术室改造而成。本项目建设用房有 DSA 机房、设备间和控制室，控制室和设备间分别位于机房左右两侧。因手术部布置有骨科铅防护手术室（机房南侧有两间 C 臂机房，A6 和 A7 手术室）和一般手术室。本项目辅助用房麻醉间、更衣室及污物暂存和污物通道等均依托手术室现有用房，本项目建成后不影响现有手术部的用房格局和功能布局，因此本项目依托手术部辅助用房设置齐全，满足开展介入手术要求。本项目建成后住院楼四楼手术部平面图见附图 6。

DSA 机房位于医院住院楼四层，其东北侧为控制室，西南侧为设备间和污物通道，西北侧为与门诊综合楼相连连廊，东南侧为手术部洁净区内走廊，楼上为空调机房，楼下为重症医学科办公室、医护走廊和病房。DSA 设备安装于机房中心位置，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。

DSA 机房配套设置专用的控制室，并在控制室和机房之间设置一扇含铅防护门和一扇含铅玻璃观察窗，防护门便于手术时医护人员进出机房，观察窗便于观察手术情况。

DSA 机房属于独立的手术室，设置 4 个防护门，分别为医护工作人员通道、病人通道、污物通道和设备间通道，方便医护人员、病人和污物运出，即 DSA 机房的人流物流路径相对独立。

综上，项目布局便于介入手术放射诊疗的辐射安全管理与控制，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，平面布局合理。

10.1.2 机房面积

本项目 DSA 机房的内空尺寸和标准要求见表 10-1 所示。

表 10-1 机房建设要求对比表

机房名称	设计情况		标准要求		是否满足要求
	机房内最小单边长度, m	机房内有效使用面积, m ²	机房内最小单边长度, m	机房内最小有效使用面积, m ²	
DSA 机房	6.6	71.28 (6.6m×10.8m)	≥3.5	≥20	满足

注：内空面积为机房有效使用面积。

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。

10.1.3 工作场所分区

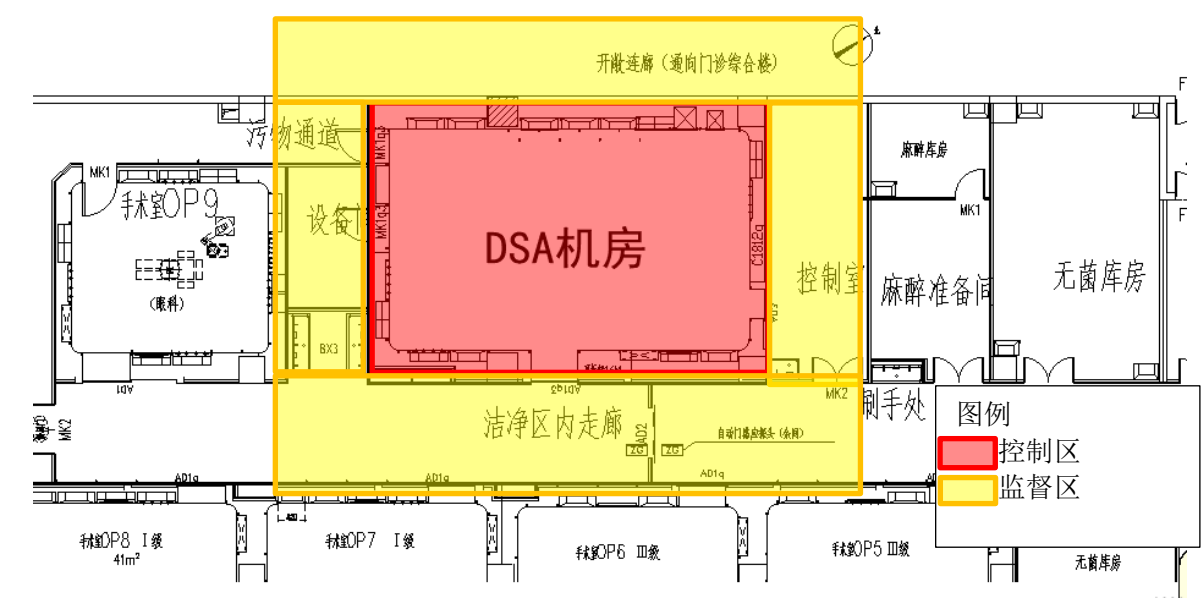
根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）控制区和监督区的定义，控制区：需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。监督区：未被定为控制区，通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

根据上述要求，医院拟对项目进行分区管理，将工作场所划分为控制区和监督区，DSA 机房以防护门、观察窗和屏蔽墙为界，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 10-2 及图 10-1。

表10-2 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	DSA机房	设备间、控制室、洁净区内走廊、洗手池、污物通道、楼上及楼下正对区域等

医院严格限制无关人员进出控制区，在正常诊疗的工作过程中，控制区内不得有无关人员滞留，保障该区的辐射安全，控制区边界铅门设置电离辐射警告标志。监督区进行日常工作场所的监测。



10.2.1 医院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拟购 DSA 设备配置可调限束装置，使装置发射的线束照射面积尽量减小，以减少泄漏辐射。透视曝光开关为常断式开关，并配备透视限时装置。DSA 具备工作人员在不变换操作位置情况下成功切换透视和采集功能的控制键。

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

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

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

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

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。

只有在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。

(2) 机房采取的辐射安全与防护措施

①本项目 DSA 机房的有效使用面积、最小单边长及屏蔽防护厚度详见表 1-2。由表 1-2 和后文核算，本项目 DSA 机房的有效使用面积、最小单边长度、机房等效铅当量和机房外周围剂量当量率均能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。

②DSA 机房设置 4 扇防护门和 1 扇观察窗。含铅防护门、铅玻璃窗的生产和安装交有资质的厂家负责，DSA 机房防护门、观察窗与墙体之间采取足够的搭接宽度。

DSA 机房的 4 个防护门中，机房与设备间和污物通道的防护门为平开门，拟设置自动闭门装置；机房与医护进出防护门、机房与病人进出口之间的门为电动推拉式门，拟设置防夹装置；观察窗四周配备防护窗套，窗套屏蔽能力与铅玻璃屏蔽能力相当，由

专业单位施工。

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 4mmPb 铅垫片遮盖，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。墙面铅板安装大样图见图 10-2。

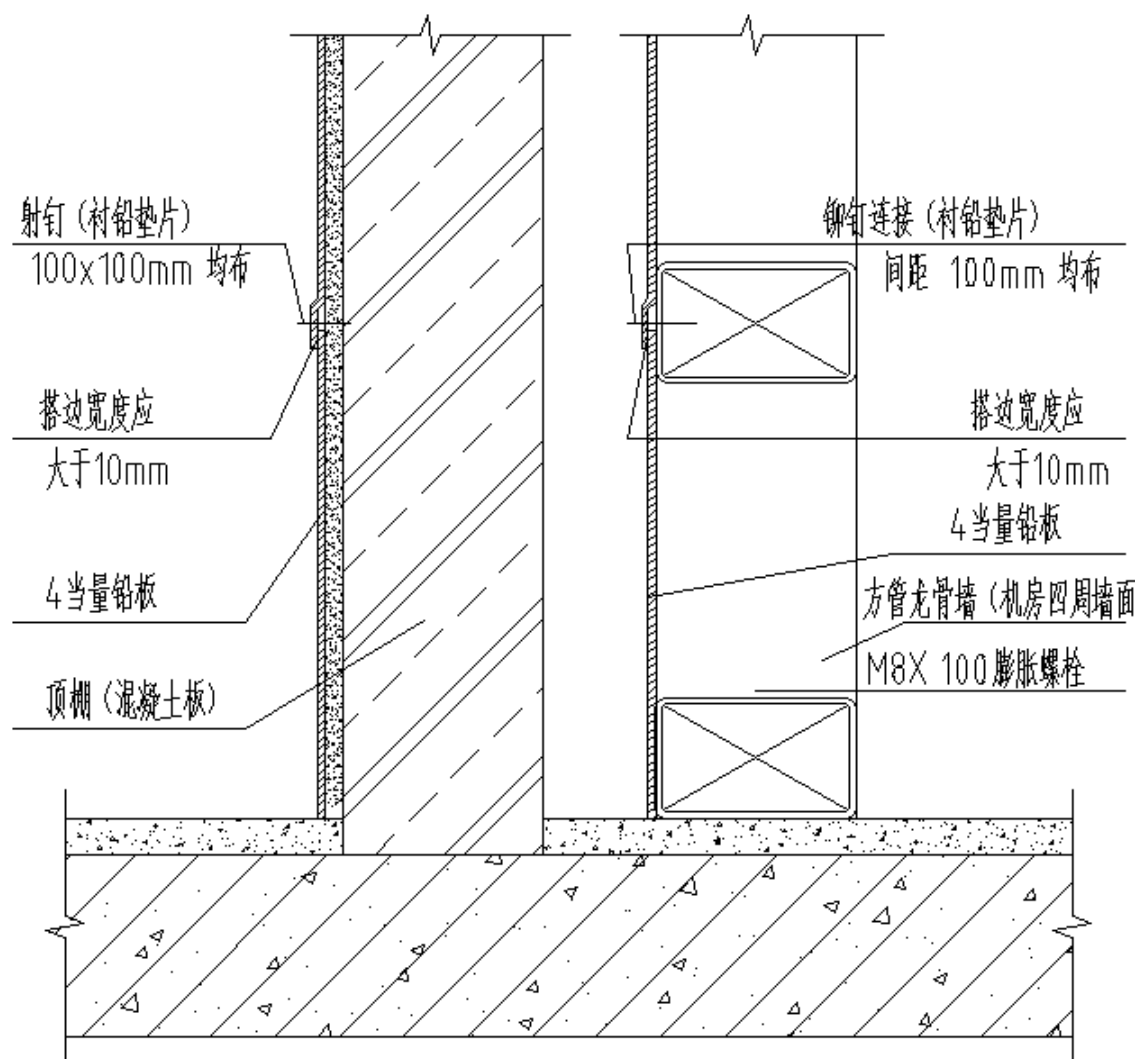


图 10-2 机房顶棚和墙面铅板安装大样图

(3) 通风

DSA 机房拟设置动力通风，拟设置一个排风口和三个送风口，均布置在顶棚上。根据机房屏蔽防护方案，本项目排风管向上穿楼板至设备层，接入排风机，最终穿越 5 楼外墙体排放至室外，送风管同样向上穿越楼板至设备层空调机房送风系统，管线穿越楼板大样图见图 10-3，DSA 机房送排风示意图见附图 12。管线均包裹 3mmPb 铅皮进行补偿，水平长度不低于 2 倍管线口宽度，射线需经过多次散射才能穿出，对环境影响很小。废气最终引至 5 层设备层排风管最终排放至室外，见附图 13。

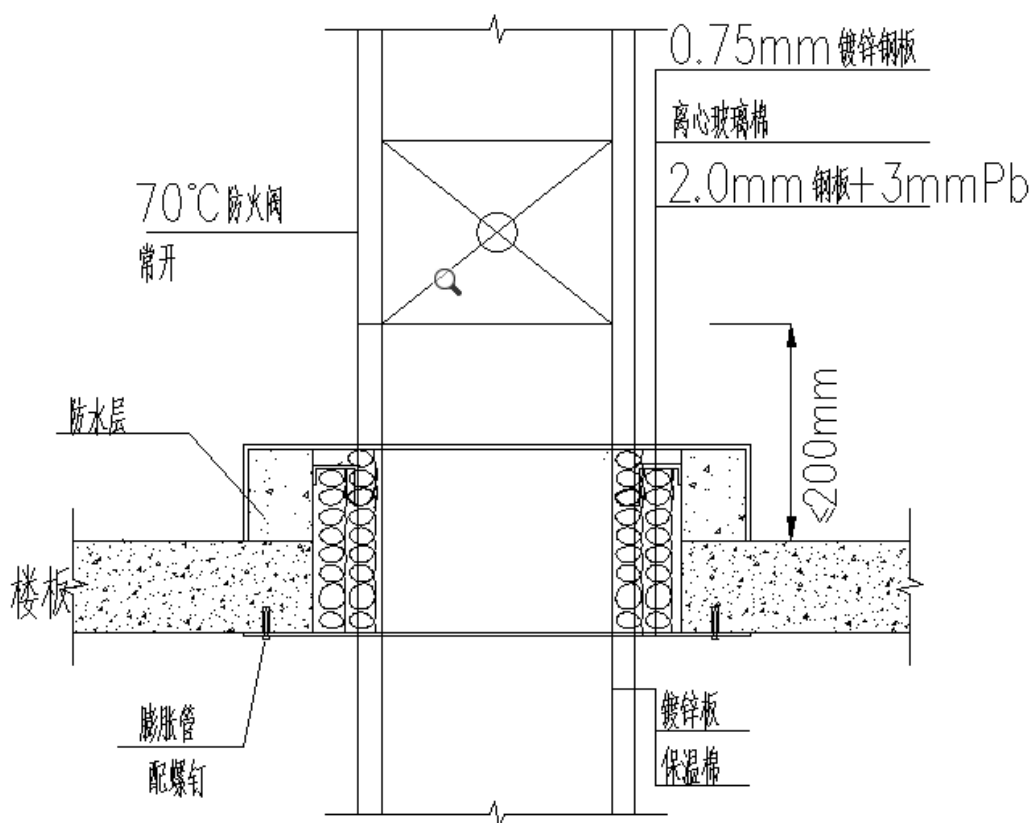


图10-3 风管穿越楼板大样图

(4) 电缆穿墙防护

穿墙电缆管线：DSA 机房与控制室之间设有穿墙管沟，电缆管从东北侧控制室至机房采取地下穿越方式走线，电缆沟盖板采用 2mm 不锈钢+4mm 铅盖板覆盖。DSA 运行产生的 X 射线经过多次散射后在机房外的影响很小。

(5) 联锁系统

在 DSA 机房 4 扇防护门处均设置门灯联锁系统，防护门外上方设置醒目的工作状态指示灯，灯箱上设置警示语句“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。辐射安全联锁逻辑见图 10-3。



图10-3 本项目DSA辐射安全联锁逻辑图

(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，并在机房外适当位置内张贴放射防护注意事项。

(7) 对讲系统

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。

(8) 辐射防护用品

根据医院提供的资料，医院拟配备个人防护用品，具体见表10-3。

表10-3 项目拟配置个人防护用品和辅助防护设施情况表

使用对象	个人防护用品			辅助防护设施		
	名称	铅当量	数量	名称	铅当量	数量
工作人员	铅橡胶围裙 铅橡胶颈套	$\geq 0.5\text{mmPb}$	5套	床侧防护帘 /床侧防护屏	$\geq 0.5\text{mmPb}$	1套
	铅防护眼镜	$\geq 0.25\text{mmPb}$	5套	铅挂防护屏 /铅防护吊帘	$\geq 0.25\text{mmPb}$	1套
	介入防护手套	$\geq 0.025\text{mmPb}$	若干	移动铅防护屏风	$\geq 2\text{mmPb}$	1套
	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套	$\geq 0.5\text{mmPb}$	1套	/	/	/
患者	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套	$\geq 0.5\text{mmPb}$	1套	/	/	/

备注：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

(9) 管理

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，减少辐射工作人员和周围公众的受照射时间。

②合理布置机房内急救及手术用辅助设备，机房内拟安装对讲装置。

③医院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。

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 10-4 所示。

根据表 10-4 可知，本项目拟采取的辐射安全与防护措施满足以上标准要求。

表10-4 项目拟采取的辐射安全与防护措施与相关标准要求对比分析表

标准号	标准要求		项目情况
GBZ130-2020	5.1一般要求	5.1.1 X射线设备出线口上应安装限束系统（如限束器、光阑等）。	设备自带
		5.1.2 X射线管组件上应有清晰的焦点位置。	
		5.1.3 X射线组件上应标明固有过滤，所有附加滤过片应标明其材料和厚度。	
	5.2透视用X射线设备防护性能的专用要求	5.2.1 C形臂X射线设备的最小焦皮距应不小于 20cm，其余透视用X射线设备的最小焦皮距应不小于30cm。	本项目拟购DSA设备的焦皮距为常用最低38cm，满足要求。
		5.2.2透视曝光开关应为常断式开关，并配有透视计时及限时报警装置。	设备自带，透视曝光开关为常断式开关，并配有透视计时及限时报警装置。
	5.3摄影用 X射线设备防护性能的专用要求	5.3.1200mA及以上的摄影用X射线设备应有可安装附加滤过板的装置，并配备不同规格的附加滤过板。	本项目DSA备有3mmAl过滤板。
		5.3.2X射线设备应有能调节有用线束照射野的限束装置，并提供可标示照射野的灯光野指示装置。	DSA设备配置了可调限束装置，使装置发射的线束照射面积尽量减小，以减少散射辐射。
	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。	DSA 主射线向上，设备上方自带平板探测器。
		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机房东北侧为控制室，西南侧为设备间和污物通道，西北侧为与门诊综合楼相连连廊，东南侧为手术部洁净区内走廊，楼上为

			空调机房，楼下为重症医学科办公室、医护走廊和病房。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71.28m ² ，最小单边长约为6.6m，均能满足标准要求。
	6.2 X射线设备机房屏蔽	6.2.1不同类型X射线设备（不含床旁摄影设备和便携式X射线设备）机房的屏蔽防护应不低于表3的规定。	根据后文计算，本项目DSA机房的屏蔽防护能力均大于2mmPb，满足要求。
	6.3 X射线设备机房屏蔽体外剂量水平	6.3.1机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求： a) 具有透视功能的X射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于2.5μSv/h；测量时，X射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间； c) 具有短时、高剂量率曝光的摄影程序（如DR、CR、屏片摄影）机房外的周围剂量当量率应不大于25μSv/h，当超过时应进行机房外人员的年有效剂量评估，应不大于0.25mSv。	根据后文核算，本项目DSA在透视工况下机房屏蔽体外的周围剂量当量率均不大于2.5μSv/h。 根据后文核算，本项目DSA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。
		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机房设置动力通风，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。	本项目DSA机房医护人员进出防护门、患者进出防护门、污物通道防护门均拟张贴电离辐射警告标志，设置门灯连锁系统，即在开机时，

			门上方设置的“射线有害、灯亮勿入”指示灯亮。机房外适当位置拟设置放射防护注意事项告知栏。
		6.4.5平开机房门应有自动闭门装置；推拉式机房门应设有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。	DSA 机房各防护门设置了门灯连锁系统。设备间及污物通道防护门为手动平开门，拟设置自动闭门装置；医护进出防护门和病人进出防护门设为电动推拉式门。 医院制定了管理制度进行管理，机房拟设置工作状态指示灯警示，拟设置铅窗，可观察到机房门的开关，只有机房门关闭时才会进行曝光。
		6.4.6电动推拉门宜设置防夹装置。	本项目DSA机房医护进出防护门和病人进出防护门设为电动推拉式门，均拟设置防夹装置。
		6.4.7受检者不应在机房内候诊；非特殊情况，检查过程中陪检者不应滞留在机房内。	拟加强管理，将其列入管理制度中，按标准要求执行。
		6.4.10机房出入门宜处于散射辐射相对低的位置。	机房出入门均处于散射辐射相对低的位置。
	6.5 X射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求	6.5.1每台X射线设备根据工作内容，现场应配备不少于表4基本种类要求的工作人员、受检者防护用品与辅助防护设施，其数量应满足开展工作需要，对陪检者应至少配备铅橡胶防护衣。	拟配置相应的辐射防护用品，数量和铅当量均满足要求。具体配置设施数量和铅当量见表10-3。
		6.5.3除介入防护手套外，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于0.25mmPb；介入防护手套铅当量应不小于0.025mmPb；甲状腺、性腺防护用品铅当量应不小于0.5mmPb；移动铅防护屏风铅当量应不小于2mmPb。	
		6.5.4应为儿童的X射线检查配备保护相应组织和器官的防护用品，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于0.5mmPb。	
		6.5.5个人防护用品不使用时，应妥善存放，不应折叠放置，以防止断裂。	拟加强个人防护用品管理，采用悬挂或平铺方式存放，不折叠。
	7.1一般要求	7.1.1 放射工作人员应熟练掌握业务技术，接受放射防护和有关法律知识的培训，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知识的培训，满足放射工作人

			员岗位要求。
		7.1.2 根据不同检查类型和需要，选择使用合适的设备、照射条件、照射野以及相应的防护用品。	本项目工作人员在手术过程中将根据患者及手术类型，使用合适的设备、照射条件、照射野以及相应的防护用品
		7.1.3 合理选择各种操作参数，在确保达到预期诊断目标条件下，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值照射野。
		7.1.5X 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，将关闭机房门窗。
		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，且每三个月送检一次。
		7.1.7 在进行病例示教时，不应随意增加曝光时间和曝光次数。 进行病例示教时，不会随意增加曝光时间和曝光次数	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，提高过期胶片的显影效果。
		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 技师配置 1 枚个人剂量计，为每名从事介入手术的

			辐射工作人员在铅防护衣内外各配置1枚个人剂量计，满足要求。
		7.8.5移动式C形臂X射线设备垂直方向透视时，球管应位于病人身体下方；水平方向透视时，工作人员可位于影像增强器一侧，同时注意避免有用线束直接照射。	拟制定操作规程及人员岗位职责，将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。	医院拟为每名从事介入手术的辐射工作人员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。技师配置1枚。
		5.3.3 对于 5.3.2 所述工作情况，建议采用双剂量计监测方法（在铅围裙内躯干上再佩戴另一个剂量计），且宜在身体可能受到较大照射的部位佩戴局部剂量计(如头箍剂量计、腕部剂量计、指环剂量计等)。	

表 11 环境影响分析

11.1 施工期环境影响

施工期主要为墙面装饰的拆除、墙面的装修，施工期主要的污染因子有：扬尘、噪声、废水、固体废物等。

施工扬尘主要为墙面装饰拆除时产生的扬尘，装修机械敲打、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墙面装饰拆除、墙面装修及现场处理等，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：主要为墙面装饰拆除、装修过程产生的建筑垃圾，以及施工人员产生的生活垃圾，建筑垃圾运至合法的弃渣场处置，生活垃圾交环卫部门统一收运处置。

本项目工程量小，施工范围在医院住院楼内，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。

11.2 营运期辐射环境影响分析

11.2.1 屏蔽体屏蔽效能核算

（1）机房铅当量核算

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录C中表 C.5 125kV的90°非有用线束条件下147mm混凝土相当于2mm铅当量，对混凝土进行换算。

根据《辐射防护手册》（第三分册）表3.3可知，15mm密度为3.2g/cm³硫酸钡相当于1mmPb（保守取管电压150kV时），以此对硫酸钡涂层进行换算。

根据医院提供的屏蔽防护方案及设备额定参数，机房屏蔽体的铅当量核算结果见表11-1。

表11-1 机房屏蔽厚度与GBZ130-2020要求对比

机房名称	屏蔽防护体	屏蔽防护方案	折算当量	标准要求	评价结果
DSA机房 (125kV)	墙体	龙骨隔墙+4mm 铅板+方管龙骨+防潮石膏板+电解钢板	4mmPb	2.0mmPb	满足要求
	顶棚	12cm厚现浇混凝土+3mm铅板+方管龙骨+防潮石膏板+电解钢板	4.63mmPb	2.0mmPb	满足要求
	地坪	12cm厚现浇混凝土+3cm厚硫酸钡涂层	3.63mmPb	2.0mmPb	满足要求

	铅门	3mmPb	3mmPb	2.0mmPb	满足要求
	防护窗	3mmPb	3mmPb	2.0mmPb	满足要求
备注：铅密度11.3 g/cm ³ ，混凝土密度 2.35g/cm ³ ，硫酸钡密度3.2g/cm ³ 。					

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 DSA 机房屏蔽能力大于 2mmPb。根据上表核算和对比分析，本项目 DSA 机房屏蔽能力能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。

（1）屏蔽体外剂量率核算

1) 核算公式

①对给定的铅厚度的屏蔽透射因子B按下式核算：

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

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，使用下式计算出各屏蔽物质的铅当量厚度X：

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

式中：X——不同屏蔽物质的铅当量厚度；其余同上。

根据式11-2计算得到屏蔽透射因子B后，关注点的散射辐射剂量率 $\dot{H}$ (μ 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：

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

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

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

B——屏蔽透射因子，根据公式 11-1 计算得出；

F—— R_0 处的辐射野面积，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），根据设备参数，本项目取 0.38m；

R_0 ——散射体至关注点的距离，单位为米（m），根据设备布设位置确定。

2) 核算参数

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DSA机房墙体外周围剂量当量率。DSA常用透视工况为60~90kV/5~20mA，常用采集工况为60~90kV/300~500mA。本报告保守估算，透视工况按照常用最大90kV、20mA进行计算；采集工况按照常用最大90kV、500mA进行计算。DSA在90kV、3mmAl过滤板情况下主射线方向1m处发射率为 $5.3\text{mGy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$ 。Sv/Gy转换系数取值为1。

相关参数详见表11-2。

表11-2 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 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$	散射面积 F (cm^2)	散射因子 α	散射距离 R_s (m)	关注点距离 R_0
DSA	90	20（透视） 500（采集）	3.18×10^5	400	6.83×10^{-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				
			混凝土 α : 0.04228 β : 0.1137 γ : 0.4690				

将X射线管头位置考虑在机房中心进行机房外关注点距离取值，各计算点距离见图11-1 所示。

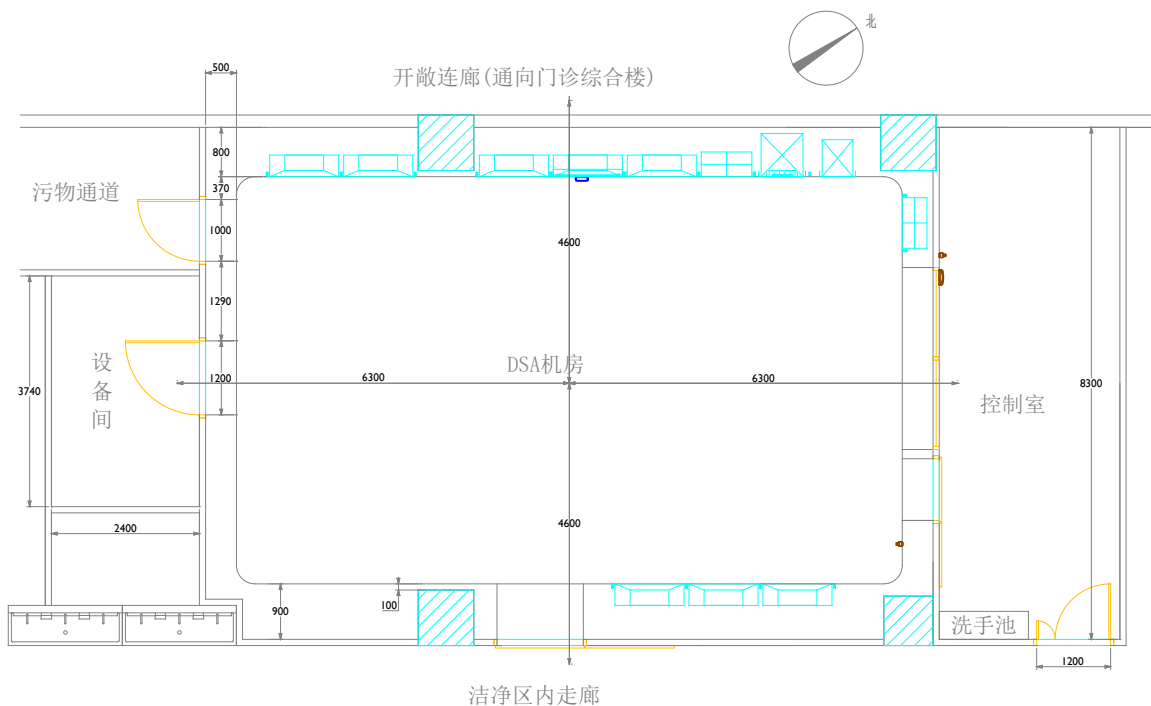


图11-1 各计算点距离示意图

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 11-3所示。

表11-3 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	
东北侧(控制室等)	墙体	散射	6.3	4mmPb	1.12×10^{-3}	2.80×10^{-2}	是
	铅门	散射		3mmPb	2.41×10^{-2}	6.01×10^{-1}	是
	铅窗	散射		3mmPb	2.41×10^{-2}	6.01×10^{-1}	是
西南侧(设备间、污物通道等)	墙体	散射	6.3	4mmPb	1.12×10^{-3}	2.80×10^{-2}	是
	铅门	散射		3mmPb	2.41×10^{-2}	6.01×10^{-1}	是
西北侧(开敞连廊)	墙体	散射	4.6	4mmPb	2.10×10^{-3}	5.25×10^{-2}	是
东南侧(洁净区内走廊)	墙体	散射	4.6	4mmPb	2.10×10^{-3}	5.25×10^{-2}	是
	铅门	散射		3mmPb	4.51×10^{-2}	1.13	是
顶棚(空调机房)	楼板	散射	4.5	12cm厚现浇混凝土+3mmPb	3.18×10^{-4}	7.94×10^{-3}	是
地坪(重症医学科办公室及医护走廊)	地板	散射	1.9	12cm厚现浇混凝土+3cm硫酸钡涂层	3.83×10^{-2}	9.57×10^{-1}	是

备注：①3F-4F层高为4.5m，4F-5F层高为3.6m。顶棚核算到楼上地面1.0m处，地板考虑距离楼下地面1.7m处。四周墙体计算参考点位于四周墙体、门窗外0.3m处。②设备离地高度按1.0m考虑，球管位于机房中心点。

根据计算可知，在透视条件下DSA机房屏蔽体外的周围剂量当量率均小于2.5μSv/h，在采集条件下DSA机房屏蔽体外的周围剂量当量率均小于25μSv/h，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。

11.3 剂量估算

11.3.1 剂量估算公式

X-γ射线产生的外照射人均年有效剂量当量按下列公式计算：

$$H_{Er}=H^*_{(10)} \times t \times 10^{-3} \quad (11-5)$$

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101.67h，采集时间约5.57h，总年有效开机时间约107.24h。

（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11-4。

表11-4 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（μSv/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	2.41×10 ⁻²	6.01×10 ⁻¹	101.67	5.57	2.28×10 ⁻³	3.35×10 ⁻³	5.63×10 ⁻³

根据上表可知，从最不利情况考虑，本项目DSA机房的控制室的工作由1名技师完成，则该名辐射工作人员受到的年有效剂量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，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400μSv/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 0.5mm），并在移动铅屏风（考虑铅当量 2mm）后操作，以公式 11-1 计算其透射因子，考虑射线与手术医护人员的距离衰减因素最近为 2m，核算常用电压条件下手术医护人员受照剂量。计算结果见表 11-5 所示。

表11-5 机房医护人员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	采集	3.68×10 ⁻⁵	27.67	心脏介入	2.33	0.06	1.17
			27.67	神经介入	0.57	0.02	
			27.67	综合介入	2.67	0.07	
	透视	2.52×10 ⁻²	10.08	心脏介入	66.67	0.67	
			10.08	神经介入	7	0.07	
			10.08	综合介入	28	0.28	
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	采集	1.72×10 ⁻⁴	128.7	心脏介入	2.33	0.30	41.38
			128.7	神经介入	0.57	0.07	
			128.7	综合介入	2.67	0.34	
	透视	/	400	心脏介入	66.67	26.67	
			400	神经介入	7	2.8	
			400	综合介入	28	11.2	
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。							

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（11-6）估算有效剂量：

$$E = \alpha H_u + \beta H_o \quad (11-6)$$

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。

则：E（心脏介入）=0.79×（0.06+0.67）+0.051×（0.30+26.67）=1.94mSv

E（神经介入）=0.79×（0.02+0.07）+0.051×（0.07+2.8）=0.22mSv

E（综合介入）=0.79×（0.07+0.28）+0.051×（0.34+11.2）=0.87mSv

根据计算可知，心脏介入手术医护人员受到的年有效剂量约1.94mSv/a，神经介入

手术医护人员受到的年有效剂量约0.22mSv/a，综合介入手术医护人员受到的年有效剂量约1.39mSv/a，均小于年有效剂量管理目标限值5mSv/a。根据2022年度现有辐射工作人员个人剂量报告，介入辐射工作人员年受照剂量最大为2.8mSv（编号29002090，张小杰），叠加本项目年有效剂量可得4.74mSv，因心脏介入手术分不同的组别医护人员进行，平均到单个介入辐射工作人员之后，所受年受照剂量小于4.74mSv。即本项目运行后，介入辐射工作人员的年受照剂量小于本项目辐射工作人员年有效剂量管理目标值5mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

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2m，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对手术医生进行工作调配，以确保辐射安全。

另外，医院还应采取以下措施确保辐射安全工作：

A、要求从事介入手术人员在实际工作中，应正确佩戴个人剂量计，介入手术医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。若单个监测周期受照剂量超过1.25mSv，应开展调查，查明原因，提出解决方案，确保辐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

机房外公众成员受到的年有效剂量见表11-6。

表11-6 环境保护目标周围剂量当量率预测结果

序号	名称	方位	最近水平距离	预测结果 μSv/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	麻醉准备间	东北侧	约 3m	2.41×10^{-2}	6.01×10^{-1}	101.67	5.57	1/5	1.29×10^{-4}
2	麻醉库房		约 3m	1.12×10^{-3}	2.80×10^{-2}	101.67	5.57	1/20	1.50×10^{-6}
3	无菌库房		约 3.5m	2.41×10^{-2}	6.01×10^{-1}	101.67	5.57	1/20	2.37×10^{-5}
4	电梯厅、换车处		约 20m	2.41×10^{-2}	6.01×10^{-1}	101.67	5.57	1/5	2.90×10^{-6}
5	手术部医生通道		约 35m	2.41×10^{-2}	6.01×10^{-1}	101.67	5.57	1/5	9.47×10^{-7}
6	开敞连廊	西北侧	紧邻	2.10×10^{-3}	5.25×10^{-2}	101.67	5.57	1/5	1.01×10^{-4}

7	手术室西北侧手术室	西北侧	约 40m	2.10×10^{-3}	5.25×10^{-2}	101.67	5.57	1	3.16×10^{-7}
	护士站		约 40m	2.10×10^{-3}	5.25×10^{-2}	101.67	5.57	1	3.16×10^{-7}
8	设备间	西南侧	紧邻	2.41×10^{-2}	6.01×10^{-1}	101.67	5.57	1/20	2.90×10^{-4}
9	A8 和 A9 手术室		约 3m	2.41×10^{-2}	6.01×10^{-1}	101.67	5.57	1	6.44×10^{-4}
10	污物暂存间、清洁间、标本间、器械处理交接室	南侧	约 15m	2.41×10^{-2}	6.01×10^{-1}	101.67	5.57	1/8	3.22×10^{-6}
11	洁净区内走廊	东南侧	紧邻	4.51×10^{-2}	1.13	101.67	5.57	1/5	2.18×10^{-3}
12	手术部 A6 和 A7 控制室工作人员		约 5m	4.51×10^{-2}	1.13	101.67	5.57	1	4.35×10^{-4}
13	手术部 A1-5 手术室		约 10m	4.51×10^{-2}	1.13	101.67	5.57	1	1.09×10^{-4}
14	手术部空调机房	楼上	/	3.18×10^{-4}	7.94×10^{-3}	101.67	5.57	1/20	3.83×10^{-6}
15	重症医学科办公室及医护走廊	楼下	/	9.57×10^{-3}	2.39×10^{-1}	101.67	5.57	1	9.22×10^{-3}
16	重症医学科病房		/	9.57×10^{-3}	2.39×10^{-1}	101.67	5.57	1	9.22×10^{-3}
注：①居留因子参考《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）表 A.1，结合实际人员停留情况进行取值。									

根据上表核算，机房外公众成员受到的年有效剂量最大为 $9.22 \times 10^{-3} \text{mSv}$ ，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。根据剂量率与距离平方成反比的关系，若考虑距离衰减因素，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，住院楼6层及以上公众和住院楼3层（除机房正下方重症医学科办公室及医护走廊和重症医学科病房外）及以下公众及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》（GB18871-2002）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）剂量叠加估算

本项目东南侧有两台III类射线装置（两台C臂机）机房，与本项目机房仅隔洁净区内走廊，此两台III类射线装置控制室工作人员即受到III类射线装置的辐射影响又受到本项目的辐射影响，因此考虑两部分对其叠加影响。

根据医院提供的射线装置质量控制与工作场所防护检测评价报告（见附件11）可知，在机房现有屏蔽防护和检测条件下，两机房医生操作位均小于 $0.05 \mu\text{Sv/h}$ （设备最低检出限）。根据建设单位所提供资料，两台C臂机每年均工作52周，每周工作7天，每日

最大工作量为5人次/台，平均每人次曝光时间10s，居留因子保守取1，则控制室工作人员年有效剂量约为0.5 μ Sv（因两机房共用控制廊，已考虑单个机房计算值的2倍做叠加值）。叠加表11-6中手术部A6和A7控制室工作人员年有效剂量可得 4.35×10^{-4} mSv+0.5 μ Sv= 9.35×10^{-4} mSv。

到综上所述，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

本项目机房外50米评价范围内为医院内部建筑、道路，公众主要是医院内部的非辐射工作人员、患者及家属等。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。本项目DSA运行时产生臭氧和氮氧化物量极少，机房内设计有动力排风系统。机房少量废气引至室外排放，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依托医院污水处理站处理，达标后排入市政管网。

医院现有污水处理站（处理能力为1000m³/d），接纳整个包括本项目在内的医疗综合楼医疗废水，项目产生少量废水依托该污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。

11.5.3 固体废物

项目工作人员在医院劳动定员内，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，医疗废物转存于医院医疗废物暂存

间内，暂存间内拟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，能够暂存整个医院不低于2天内产生的医疗废物；设置紫外线消毒装置消毒，设置换气扇进行通风换气。医院医疗废物暂存间已按《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）要求进行防渗、防腐、硬化处理。医院与有资质单位签订医疗废物处置协议，交该单位每天收集、处置。因此，本项目产生医疗废物及时运送至医疗废物暂存间，此种处理措施依托可行。

本项目配备的铅橡胶围裙、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，废铅防护用品作为危险废物，医院先收集，可装入密封袋中收集、转运至医疗废物暂存间内暂存（区别于其他，单独存放），交有资质单位处置。废铅防护用品的应采用专门的带有标识的转运工具，转运工具应保持密封，转运人员应按照指定路线转运，途中不得停留。

DSA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环境，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（2019年本）》（2021年修订）鼓励类中第十三项、第5条：“新型医用诊断设备和试剂、数字化医学影像设备，人工智能辅助医疗设备，高端放射治疗设备，电子内窥镜、手术机器人等高端外科设备，新型支架、假体等高端植入介入设备与材料及增材制造技术开发与应用，危重病用生命支持设备，移动与远程诊疗设备，新型基因、蛋白和细胞诊断设备”，项目属于上述的“数字化医学影像设备”的应用，属于鼓励类，符合国家的产业政策。

11.8 事故影响分析

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射线装置设置有专用机房，机房四周屏蔽体、顶棚、观察窗及防护门均采用固定辐射防护设施，基本不会发生机房屏蔽体损坏而致无关人员受到误照射的事故，即使发生，也能一目了然而不再开机曝光，不会受到误照射。X射线看不见、摸不着，因此，更多的辐射事故是因为设备故障和违反操作规程等，而导致无关人员受到误照射或者放射工作人员受到超剂量照射。这类辐射事故主要体现在以下几个方面：

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

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

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，单台手术时间内机房外最大剂量估算情况见表11-7。

表11-7 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 机房 西侧开敞连廊	最大运行参数条件下运行，人员位于机房外	$6.85 \times 10^1 \mu\text{Sv/h}$ (透视)	21	2.40×10^{-2}	3.44×10^{-2}	3.44×10^{-2}
		$3.12 \times 10^2 \mu\text{Sv/h}$ (采集)	2	1.04×10^{-2}		

备注：仅考虑散射线，Sv/Gy=1。

根据核算可知，在理论可预知风险条件下，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 3.44×10^{-2} 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非手术人员滞留机房内发生误照射辐射事故，按照DSA正常运行参数（采集工况90kV，500mA；透视工况90kV、20mA），按最不利情况考虑，即受照人员受到照射的位置距离X射线装置靶点约1m，在未穿戴防护用品、且位于设备自带屏蔽设施的防护区域外时受到误照射，按单台手术的照射时间（采集和透视时间分别约2min和21min）进行估算，其剂量估算情况见表11-8。

表11-8 机房内误照射人员所受辐射剂量估算表

设备	事故情景	受照射时间	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 $5.3\text{mGy} \cdot \text{m}^2/\text{mA} \cdot \text{min}$	10s (单次最长采集)	3.01×10^6	8.52	8.52
		2min	3.01×10^6	1.00×10^2	1.00×10^2
	透视模式：1m 处发射率 $5.3\text{mGy} \cdot \text{m}^2/\text{mA} \cdot \text{min}$	2min (发现后使用急停按钮)	1.20×10^5	4.01	4.01
		21min	1.20×10^5	4.20×10^1	4.20×10^1

备注：仅考虑散射线，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照射的事故，造成一般辐射事故。

③手术人员未佩戴防护用品

因各种原因导致X射线装置在运行过程中手术人员未穿戴防护用品造成的辐射事故，按照DSA正常运行参数（采集工况90kV，500mA；透视工况90kV、20mA），按最不利情况考虑，即受照人员受到照射的位置距离X射线装置靶点约1m，且位于设备自带

屏蔽设施的防护区域外时受到照射，按单台手术的照射时间（采集和透视时间分别约2min和21min）进行估算，其剂量估算情况见表11-9。

表11-9 手术人员未佩戴防护用品所受辐射剂量估算表

设备	事故情景		受照射时间	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	人员滞留机房内未穿戴防护用品且未在设备自带屏蔽设施的防护区域内	1m 处发射率 $5.3\text{mGy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$ （采集）	2min（单台手术最大采集时间）	3.01×10^6	1.00×10^2	1.00×10^2
		1m 处发射率 $5.3\text{mGy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$ （透视）	21min（单台手术最大透视时间）	1.20×10^5	4.20×10^1	4.20×10^1
备注：仅考虑散射线， $\text{Sv/Gy}=1$ 。						

根据以上后果分析可知，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。

（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11-10。

表11-10 不同照射剂量对人体损伤的估计

剂量 (Gy)	类型		初期症状和损伤程度
<0.25 0.25~0.5 0.5~1	/		不明显和不易察觉的病变 可恢复的机能变化，可能有血液学的变化 机能变化，血液变化，但不伴有临床症象
1~2 2~4 4~6 6~10	骨髓型 急性放 射病	轻度	乏力，不适，食欲减退
		中度	头昏，乏力，食欲减退，恶心，呕吐，白细胞短暂上升后下降
		重度	多次呕吐，可有腹泻，白细胞明显下降
		极重度	多次呕吐，腹泻，休克，白细胞急剧下降
10~50	肠型急性放射病		频繁呕吐，腹泻严重，腹痛，血红蛋白升高
>50	脑型急性放射病		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。事故后果不会造成组织反应，不会造成辐射损伤，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，检查门灯联锁、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2.5%，具体情况见表11-11。

表11-11 项目环保投资一览表

内容	措施	投资（万元）
管理制度、应急措施	制作图框、上墙，人员培训考核等	2
电离辐射警示标志	张贴正确，有中文说明	
辐射防护与安全措施	屏蔽室门灯连锁等	6
防护监测设备	个人剂量计	2
防护用品	铅衣、铅屏风等	5
环保手续	环评、验收、监测、办证等	5
合计	/	20

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

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。

云阳县人民医院有专门的辐射安全与环境保护管理机构，已成立了放射防护与辐射安全管理领导小组，明确了领导小组职责，由毕平（副院长）任组长，副组长3名，成员9名，下设办公室在预防保健科，其中王平满专职辐射防护管理工作，负责机房、放射性同位素、射线装置和放射工作人员的管理工作（见附件6），满足标准要求。本项目开展后，依托医院现有辐射安全与环境保护管理机构可行。并且医院应根据人事变动及时更新辐射安全与环境保护管理机构领导小组名单。

12.1.2 辐射工作人员管理

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条的规定：从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第二十二条规定：取得辐射安全培训合格证书的人员，应当每四年接受一次再培训。根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（公告2019年第57号），辐射安全与防护培训需求的人员可通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（以下简称培训平台，网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）免费学习相关知识。原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过培训平台报名并参加考核。2020年1月1日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效。

根据调查，现有辐射工作人员均参加了辐射安全与防护培训并考核合格，本项目不新增辐射工作人员，从医院现有介入工作人员中调配，所有辐射工作人员均参加辐射安全与防护培训并考核合格。

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。

医院已制定了《放射防护管理制度》、《设备检修保养制度》、《X射线影像诊断质量保证方案》、《放射诊疗设备及工作场所防护管理制度》、《辐射环境监测制度》、《放射（辐射）工作人员职业健康管理制度》、《放射工作人员培训和档案管理制度》、《放射防护用品使用管理制度》、《辐射事故应急预案》等，医院现有DSA已运营多年，已制定《DSA操作规程和流程》，现有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，医院到目前为止未发生过辐射事故。

12.2.2 个人剂量管理

医院已为现有辐射工作人员建立个人剂量档案，个人剂量档案包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满75周岁，或者停止辐射工作30年。

另外，辐射工作人员在岗期间，必须正确佩戴个人剂量计，并对个人剂量计严格管理，不允许将个人剂量片相互传借，不允许将个人剂量片带出项目建设单位。本项目运营后，辐射工作人员仍继续执行现有个人剂量计管理及监测制度，建立和保存档案。

12.2.3 职业健康体检

从事辐射工作期间，医院制定管理制度组织现有辐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超过2年，必要时可增加临时性检查。对不适宜继续从事辐射工作的，拟按照规定脱离辐射工作岗位，并进行离岗前的职业健康检查。对于新进辐射工作人员，在项目辐射工作人员上岗前，医院拟按规定进行岗前职业健康检查，符合辐射工作人员健康标准的方可参加相应的辐射工作。

本项目运营前，医院将认真落实相关制度和规定，确保辐射工作人员已进行职业健康体检、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。

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，医院今后还应制定并落实年度评估制度，继续于每年1月31日前均向原发证机关提交年度评估报告，并完善年度评估制度。医院2022年年度评估报告已按规定时间提交，年度评估报告内容主要有医院基本信息、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。

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的建设要求建设单位树立并弘扬核安全文化。核安全文化表现在从事单位核技术利用工作的相关领导与员工及最高管理者具备核安全文化素养及基本的放射防护与安全知识。

医院应建立核安全文化体系，组织核安全文化培训，制定出符合自身发展规划的核安全文化。建立有关的部门管理，明确各层次人员的职责，落实两个“零容忍”，即对隐瞒虚报“零容忍”，对违规操作“零容忍”，将核安全文化的建设贯彻在核技术利用项目的各个环节，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单位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。	设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，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	现有辐射工作人员均已进行了辐射安全与防护培训，并取得考核合格成绩单，均在有效期内。如后续医院有新进辐射工作人员，应依制度培训合格后方可上岗。
射线装置使用场所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施	设备及控制台设有急停按钮，同时本项目设置有门灯连锁等装置，工作状态指示灯，门口显眼位置张贴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	已经建立了相关规章制度。待在本项目建成后，将相关制度在本项目放射工作场所张贴上墙。
配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量计	本项目拟为每名辐射工作人员配备个人剂量计，并配备一定数量的辐射防护用品（见表10-3）供辐射工作人员和病员使用。
有完善的辐射事故应急措施	已制定辐射事故应急预案

据上表可知，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，认真落实上述要求后，方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。

12.5 辐射监测计划

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，包括工作场所环境监测及个人剂量监测等，并每年委托有资质单位对医院各辐射场所进行了监测，满足相关要求。

本项目建成后，修订监测计划，定期对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：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、年度监测和自主监测，发现问题及时整改。验收监测委托有资质的单位进行。

监测频度：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；自主监测每季度一次。

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。

表12-2 辐射监测计划表

辐射工作场所	监测类别	监测项目	监测频次	监测设备	监测范围	控制要求	超标后处理方案
DSA装置	年度监测	X-γ辐射剂量率	1次/年	便携式X-γ辐射监测仪	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。	不大于2.5μSv/h	及时查找原因，进行整改直至监测符合要求
	自主监测		1次/季度				
	验收监测		竣工验收				
个人剂量检测		个人剂量当量	1次/3月	个人剂量计	所有辐射工作人员	不超过5mSv/a	调查原因，规范管理

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。

医院目前已制定了《云阳县人民医院辐射事故应急预案》，医院成立辐射事故应急处理领导小组，由院长任组长，分管院长及其余院领导任副组长，预防保健科、医务科、护理部、安全保卫科、医学装备科、后勤科、感染管理科、信息管理中心、财务科、放射治疗科、导管室及开展介入诊疗的临床科室、医学影像科、药剂科等部门负责人为小组成员。辐射事故应急处理办公室设在预防保健科。预案内容包括了领导小组成员及职

责，辐射事故应急响应程序，辐射事故报告电话及流程等内容。应急措施具有一定操作性，同时医院相关核技术利用项目科室每年均组织开展辐射事故应急演练，并形成演练记录（见附件9）。

为更加有效的处理核技术利用项目开展过程中可能产生的辐射事故，强化辐射事故应急处理责任，最大限度地控制事故危害，建议医院对现行辐射事故应急预案进行修订：

（1）补充辐射事故应急物资和装备相关内容；（2）补充事故应急培训与演练的内容。

（2）辐射事故应急处置措施

一旦发生辐射事故，辐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，立即按下急停按钮，停机断电，开门撤出机房内人员。

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，并对工作人员进行职业健康检查和跟踪，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。项目正式投产运行前，医院应进行自主竣工环保验收。

本项目环境保护验收一览表见表12-3。

表12-3 项目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	GB18871-2002、

		机房外公众成员年有效剂量<0.1mSv	GBZ130-2020及医院管理要求
3	人员要求	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	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	DSA机房四周墙体外30cm处、楼上距顶棚地面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（最大管电压为125kV，最大管电流为1000mA，单管头设备）。	/
6	防护用品	每名介入手术医护人员在铅防护衣内外各佩戴1枚个人剂量计，每名技师均配置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。	
		铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜各4套、介入防护手套若干；铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏、移动铅屏风各1套；铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套各1套（含一套儿童专用）。	
7	辐射安全防护措施	①机房防护门设置门灯联锁系统，防护门外上方均设置醒目的工作状态指示灯，灯箱上设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句，在防护门关闭时，指示灯亮，警示无关人员远离该区域。 ②机房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，同时在机房外候诊区适当位置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机房设置动力通风系统，保持良好通风，机房内不得堆放无关杂物。 ⑤平开机房门有自动闭门装置；电动推拉门宜设置防夹装置。 ⑥设备上自带急停开关；控制台设置急停开关；控制室与机房设对讲装置；防护用品与辅助防护设施齐全。 ⑦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。	
8	管理	有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、年度评估制度等。	

表 13 结论与建议

13.1 项目概况

云阳县人民医院拟将医院住院楼四层手术部将原预留的1间防辐射手术室改造为1间DSA机房，并在DSA机房内安装1台DSA，为II类射线装置，型号为飞利浦Azurion5M20（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800万元，其中环保投资约20万元。

13.2 实践正当性

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

13.3 产业政策符合性

项目主要使用DSA从事介入手术工作，属于《产业结构调整指导目录（2019年本）》（2021年修订）鼓励类中的“数字化医学影像设备”的应用，符合相关产业政策。

13.4 辐射环境质量现状

为了解本项目拟建地的辐射环境质量现状，浙江建安检测研究院有限公司对项目所在地辐射水平现状进行了监测，监测结果表明项目所在地环境 γ 辐射剂量率在正常涨落范围内。

13.5 选址可行性及布局合理性

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。DSA机房选址于医院住院楼四层手术部原预留的1间防辐射手术室，控制室位于机房东北侧，设备间位于机房西南侧，机房西北侧为与门诊综合楼相连连廊，机房东南侧为手术部洁净区内走廊，楼上为空调机房，楼下为重症医学科办公室、医护走廊和病房；机房选址不影响医院其他诊疗活动和医院的整体布局，同时医院考虑了保守的防护方案，对周围环境影响甚微。此外，根据现状监测结果，场址的辐射环境质量状况良好，有利于项目的建设。从辐射防护与环境保护角度，项目选址可行。

本项目DSA机房的控制室和设备间位于机房相邻区域，手术部辅助用房设置齐全，满足开展介入手术要求。DSA机房位于手术部，除手术工作人员和病人可以进出外，其他公众成员未经允许不得入内，可减少对外部公众的影响。DSA机房拟设置4个防

护门，医护人员、病人进出、污物运出的路径独立。DSA 机房拟设置 1 个观察窗，用于控制室辐射工作人员随时观察机房内的情况。项目布局便于 DSA 机房的辐射安全管理，符合有关法规标准与辐射防护安全要求。从辐射防护与环境保护角度，平面布局合理。

13.6 辐射安全与防护分析结论

（1）辐射工作场所分区管理

医院根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求，将辐射工作场所划分为控制区和监督区，将机房划为控制区，控制室、设备间等机房相邻区域及楼上楼下相邻区域划为监督区。

（2）机房屏蔽防护

本项目机房均设计了足够厚度的屏蔽体，机房有效使用面积、最小单边长度均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）等的要求。项目机房四周墙体、顶棚及地板屏蔽防护均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）等屏蔽防护厚度要求。

（3）安全联锁装置及其他措施

本项目DSA设备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，机房设置门灯联锁系统、工作信号指示灯、警示标识，设置对讲系统，机房外适当位置内张贴放射防护注意事项。

机房设置动力通风并保持良好的通风，穿墙风管和穿墙电缆线均设置有屏蔽防护措施，不影响墙体的屏蔽防护效果。为辐射工作人员和患者配备个人防护用品和辅助防护设置，数量和铅当量满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）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 环境影响分析结论

（1）机房屏蔽能力：机房四周墙体为龙骨隔墙+4mm铅板+方管龙骨+防潮石膏板+电解钢板，顶棚为12cm厚现浇混凝土+3mm铅板+方管龙骨+防潮石膏板+电解钢板，地坪为12cm厚现浇混凝土+3cm厚硫酸钡涂层，防护门和观察窗均为3mmPb，根据核算，机房设计屏蔽能力满足《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，本项目介入手术相关医务人员所受到的年有效剂量均低于辐射工作人员

剂量管理目标（5mSv/a），项目所致公众成员的年有效剂量亦低于剂量管理目标（0.1mSv/a），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及相关标准的要求。

（3）环境保护目标影响：通过核算可知50m范围内环境保护目标位置周围剂量当量率远低于2.5μSv/h。因此，项目所致周围50m范围内环境保护目标的影响甚微，本项目对周围各环境保护目标不会带来不利影响，对环境的影响可以接受。

（4）“三废”影响：DSA运行时产生臭氧和氮氧化物量极少，机房设置动力通风系统，废气引至5楼设备层排风管最终排放至室外。项目辐射工作人员等产生的废水依托医院现有污水处理站处理，医疗废物依托医院危废暂存间暂存后与医院其他危废一起交有资质单位处理，生活垃圾交环卫部门处理，废铅防护用品由医院收集妥善暂存，并做好相应记录，交有资质单位处理。DSA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，本项目风险可控。

13.8 辐射与环境保护管理

医院成立了放射防护与辐射安全管理领导小组，制定了相应辐射环境管理相关制度，医院还应针对本项目工作场所的特点，修订现有辐射安全管理制度，制定详实、可操作性强的介入手术人员岗位职责等。加强日常应急响应的准备工作及应急演练，医院在今后的工作中，加强管理，能满足辐射环境管理要求。

综上所述，云阳县人民医院新增数字减影血管造影机装置符合国家产业政策，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。

表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见：

经办人：

公章
年 月 日

审批意见：

经办人：

公章
年 月 日