

核技术利用建设项目
三峡公共卫生应急医院项目(DSA 部分)
环境影响报告表

建设单位：重庆大学附属三峡医院
编制单位：重庆宏伟环保工程有限公司
编制时间：2022年4月

生态环境部监制

打印编号: 1648864381000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	x19ke7		
建设项目名称	三峡公共卫生应急医院项目 (DSA 部分)		
建设项目类别	55—172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称 (盖章)	重庆大学附属三峡医院		
统一社会信用代码	1250010145174667XB		
法定代表人 (签章)	张先祥		
主要负责人 (签字)	向红		
直接负责的主管人员 (签字)	安选		
二、编制单位情况			
单位名称 (盖章)	重庆宏伟环保工程有限公司		
统一社会信用代码	915001126912004062		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
肖英	07355543507550272	BH001035	
2 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
李华	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、环境质量和辐射现状、项目工程分析与源项、辐射安全与防护、环境影响分析、辐射安全管理、结论及建议	BH045435	

表 1 项目基本情况

建设项目名称		三峡公共卫生应急医院项目（DSA 部分）			
建设单位		重庆大学附属三峡医院			
法人代表	张先祥	联系人	许云华	联系电话	13*****66
注册地址		重庆市万州区新城路 165 号			
项目建设地点		重庆市万州区天城镇万河村 2 组(高铁片区)三峡公共卫生应急医院 1#门诊综合楼的医技、住院楼 2 楼北部区域东侧预留的介入手术室内			
立项审批部门		万州区发展和改革委员会	批准文号	2020-500101-84-01-110389；渝发改社会[2020]1927号	
建设项目总投资（万元）	1050	项目环保投资（万元）	60	投资比例（环保投资/总投资）	5.7%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改扩建 <input type="checkbox"/> 其他		占地面积（m ² ）	/
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类（医疗使用） <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
	其他	无			
1.1 医院概况					
<p>重庆大学附属三峡医院（曾用名“重庆三峡中心医院”，以下简称“三峡医院”）位于重庆市万州区新城路 165 号，是一所集医疗、教学、科研、预防、保健为一体的大型综合性三级甲等医院，系全市区域性医疗中心，辐射渝、鄂、川、陕等区域，承担着周边 23 个区县 2300 万人口的公共医疗救治任务。</p> <p>2019 年 12 月在武汉发现新冠肺炎，2020 年 1 月底全国开始大规模爆发，重庆 2 月份大规模爆发，特别是万州确诊人数在重庆各区县中最多，为了应对像“新冠肺炎”等传染病大规模的爆发，增强渝东北片区突发公共卫生事件应急救治和防控能力，三峡医院在重庆市万州区天城镇万河村 2 组进行三峡公共卫生应急医院项目的建设。项</p>					

续表 1 项目基本情况

目规划用地面积为 18225.01m²(合约 273.38 亩)，其中建设用地面积共 99650.6m²，总建筑面积为 80819.19m²。分为临时建筑与永久建筑，目前仅进行永久建筑的建设，当疫情来临时，再进行临时建筑的建设。

其中永久建筑建设内容包括 1 栋-1F/7F 的 1#门诊综合楼：1#门诊综合楼分为两栋，分别为 1#门诊楼（-1F~3F）、1#医技、住院楼（-1F~7F），两栋楼-1F 相通，1F 分开，2F 与 3F 通过廊桥连接；1 栋 7F 的 2#医护宿舍；1 栋 1F 的 3#污物、垃圾暂存库房；1 栋 1F 的 4#污水处理配套用房；1 栋 1F 的 5#正负压站。

临时建筑建设内容包括 2 栋 3F 的临时医护宿舍；2 栋 2F 的临时住院楼（L1#、L2#）。

建成后永久床位 300 张，临时床位 700 张；设置传染病门诊、急诊、放射科、检验科、病理科等。三峡医院于 2020 年 9 月 11 日取得了该项目的《重庆市建设项目环境影响评价文件批准书》（渝（万）环准[2020]104 号）。

目前三峡公共卫生应急医院 1#门诊综合楼正在进行主体工程的建设，土建部分已经完成，还未投入使用。

1.2 项目由来

根据《重庆市发展和改革委员会关于三峡公共卫生应急医院项目可行性研究报告的批复》（渝发改社会[2020]1927 号）及《射线装置分类》，建设单位拟在三峡公共卫生应急医院配置 4 台射线装置，分别为 1 台数字减影血管造影 X 射线装置（以下简称“DSA”，II 类）和 1 台 DR 和 2 台 CT（DR 与 CT 均为 III 类射线装置）。3 台 III 类射线装置已经在网站系统上填写了建设项目环境影响登记表；DSA 尚未完成环保手续。

本次拟在三峡公共卫生应急医院在建的三峡公共卫生应急医院 1#门诊综合楼的医技、住院楼的 2 楼北部区域东侧预留的介入手术室内配置 1 台数字减影血管造影 X 射线装置（以下简称“DSA”），开展血管造影介入手术工作。

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》以及《建设项目环境保护管理条例》的相关规定，DSA 的使用应开展环境影响评价工作。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（生态环境部令第 16 号）的要求，本项目属于“172 核技术利用建设项目 使用 II 类射线装置的”，应编制环境影响报告表。

为保护环境，保障公众健康，完善环保手续，严格执行《中华人民共和国环境影响评价法》，三峡医院特委托重庆宏伟环保工程有限公司对该项目进行环境影响评价，完成该设备的环评手续。评价单位在进行现场踏勘及收集有关资料的基础之上，并按照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的要求，编制完成了《三峡公共卫生应急医院项目（DSA 部分）环境影响报告表》。

因《三峡公共卫生应急医院项目环境影响报告书》已统一评价了介入手术室的土建与装修的环境影响，故本次评价主要对设备的安装和运行产生的影响进行分析和评价。

1.3 项目概况

1.3.1 项目组成

- (1) 项目名称：三峡公共卫生应急医院项目（DSA 部分）
- (2) 建设地点：重庆市万州区天城镇万河村 2 组(高铁片区)三峡公共卫生应急医院 1#门诊综合楼的医技、住院楼的 2 楼北部区域东侧预留的介入手术室内
- (3) 建设性质：新建
- (4) 建设单位：重庆大学附属三峡医院
- (5) 项目投资：总投资约 1050 万元，环保投资约 60 万元。
- (6) 建设工期：设备安装等预计 3 个月
- (7) 工作负荷：年开展介入手术共 1000 台，包括肝脏介入手术和综合介入手术。
- (8) 建设内容：拟在正在建设的 1#门诊综合楼的医技、住院楼的 2 楼北部区域东侧预留的介入手术室（以下简称 DSA 机房、机房）内配置 1 台 DSA 及辅助设施设备，开展血管造影介入手术。项目总建筑面积约 94m²。项目建设内容详见下表。

表 1-1 项目组成情况一览表

分类	项目组成	主要内容及规模	备注
主体工程	介入手术室（DSA 机房）	位于三峡公共卫生应急医院 1#门诊综合楼的医技、住院楼的 2 楼北部区域东侧预留的介入手术室内，层高为 4.5m，装修后内空尺寸：长×宽×高=7.95m×5.95m×2.9m（吊顶后），有效使用面积约 47.3 m ² 。	依托
	设备	介入手术室内安装 1 台 DSA（II类射线装置，单管头，Innova IGS 5），最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA。	新购
辅助	辅助用房	控制室、设备间，医护人员缓冲区	依托介入手术

工程			室配套专用用房
		污物通道、办公室、更衣室、淋浴室、消毒区等。	依托手术中心公共用房
公用工程	给水	由城市供水管网提供，依托医院供水管网。	依托
	排水	实行雨污分流。雨水排入市政雨水管网；医疗废水经医院污水处理站处理后排入市政污水管网。	依托
	供配电	由市政电网供电，依托医院供配电系统。	依托
	通风	采用机械进风、机械排风。	新建
环保工程	废水	项目产生的废水依托三峡公共卫生应急医院在建污水处理站处理后，通过市政管网最终排入申明坝污水处理厂处理。 污水处理站位于院区南部，设计处理能力 1800m ³ /d	依托
	固废	项目产生的生活垃圾依托三峡公共卫生应急医院收运系统。	依托
		三峡公共卫生应急医院地块院区东南部拟设一栋单独的污物、垃圾暂存库；在手术区域设置一个面积约 5m ² 的污物暂存间；介入手术过程中产生废物暂存在污物暂存间，每日及时将污物暂存间的废物经污物通道运至医院污物、垃圾暂存库暂存，再统一交有资质单位处理。	依托
		废铅防护用品按有关规定由医院收集、妥善保存并做好相应记录、再交有资质单位处置。	依托
	废气	介入手术室内部天棚吊顶面南侧设置 2 个排风口，手术室内部西侧设置 2 个侧排风口，排风口与侧排风口的废气均经管道引至介入手术室外污物通道处，废气排放口位于手术室东南侧角落。	新建
辐射防护	采用混凝土、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、门灯连锁、电离辐射警示标志、工作状态指示灯、急停开关等。	已委托专业单位进行屏蔽防护方案设计	

1.3.2 屏蔽防护设计

本项目的介入手术室用房位于 1#门诊综合楼的医技、住院楼的 2 楼北部区域东侧，其屏蔽防护方案具体情况见表 1-2。

表 1-2 介入手术室屏蔽防护情况表

方位	介入手术室屏蔽防护情况
四周墙体	3.0mmPb 铅板
铅门	3.0mmPb 的铅防护门
南侧观察窗	3.0mmPb 的铅玻璃

顶棚	150mm 混凝土+3.0mmPb 硫酸钡水泥
地板	150mm 混凝土+3.0mmPb 硫酸钡水泥
空调风管	外包 3.0mmPb 长度不少于 20cm 的铅皮

备注：混凝土（砼）密度 2.35g/cm³、铅密度 11.3g/cm³。

1.3.3 相关设备配置

主要设备情况见表 1-3 所示。

表 1-3 项目主要设备一览表

序号	名称	数量	厂家及型号	最大管电压 最大管电流	用途	位置	备注
1	数字减影血管造影 X 射线装置（DSA，单管头）	1 台	GE 医疗集团 Innova IGS 5	125kV 1000mA	介入手术	1#门诊综合楼的医技、住院楼的 2 楼北部区域东侧预留的介入手术室内	新购
序号	名称	数量	用途		位置	备注	
1	电源柜	1 套	DSA 配电		设备间	DSA 配套设备	
2	高压发生柜	1 套	DSA 高压装置		设备间		
3	系统控制柜	1 套	设备控制和数据传输		设备间		
4	控制系统	1 套	DSA 设备操作		控制室		
5	中心供氧装置	1 套	病人供氧		介入手术室内	手术配套设备	
6	除颤仪	1 台	手术配套用		介入手术室内		
7	高压注射器	1 台	手术配套用		介入手术室内		
8	吸痰器	1 台	手术配套用		介入手术室内		
9	电生理仪	1 台	手术配套用		介入手术室内		
10	中心负压吸引	1 套	手术配套用		介入手术室内		
11	DSA 介入手术分体铅衣	6 套	工作人员防护		手术区域更衣室	新购，不小于 0.5mmpb	
12	医用 X 射线防护铅围脖	6 套				新购，不小于 0.5mmpb	
13	医用 X 射线防护铅短裤	6 套				新购，不小于 0.5mmpb	
14	医用 X 射线防护圆帽	6 套				新购，不小于 0.5mmpb	

15	铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏	1套	工作人员防护	介入手术室内	设备配置
16	移动铅防护屏风	1套	工作人员防护	介入手术室内	新购，不小于2mmPb
17	铅橡胶性腺防护围裙(方形)或方巾、铅橡胶颈套	2套	患者防护	病人缓冲/换床区域	新购，不小于0.5mmPb
18	个人剂量计	若干	工作人员个人剂量监测	手术区域更衣室	新购

1.4 劳动定员和工作制度

项目劳动定员 12 人，其中手术医生 6 人，技师 3 人，护士 3 人，均在三峡医院现有劳动定员中调配，不新增劳动定员。上述人员均为放射工作人员，年工作 250 天。

1.5 工作负荷

根据医院提供资料，本项目预计年开展介入手术共 1000 台，包括肝脏介入手术（500 台/年）和综合介入手术（500 台/年）。

1.6 外环境概况

项目位于三峡公共卫生应急医院 1#门诊综合楼的医技、住院楼的 2 楼北部区域东侧预留的介入手术室内。根据医院总平面图，1#门诊综合楼的医技、住院楼西侧为待建的 L1#临时住院楼，西南侧为 1#门诊综合楼的门诊楼，北侧为生态停车场，东侧为山坡且公众不可到达。外环境关系见表 1-4，医院总平面布置见附图 2。

表 1-4 项目所在楼周围外环境关系一览表

序号	名称	方位	距离(m)	高差关系	环境特征
1	1#门诊综合楼的门诊楼	西南侧	紧邻	1#门诊综合楼的门诊楼最高层比本项目楼顶高 4.5m	-1F~3F，医院用房
2	L1#临时住院楼	西侧	约 40	L1#临时住院楼最高层与本项目顶棚等高	2F，医院临时用房（疫情时期修建），现状为空地
3	生态停车场	北侧	约 15	生态停车场比本项目楼顶低 9.3m	医院停车场
4	山坡	东侧	紧邻	比本项目顶棚高	公众不可到达

介入中心周围 50m 范围均为医院用地范围，项目周边保护目标主要为该医院从事本项目放射诊疗的放射工作人员以及周围活动的公众成员。

1.7 选址可行性

本项目所在区域为三峡公共卫生应急医院的手术区域，DSA 也属于手术，可以依托其他手术室辅助用房和设施；介入手术室位于建筑东侧边沿，东侧为山坡且公众不

可到达，周围活动公众成员较少。医院考虑了保守的防护方案，对周围环境影响甚微。此外，根据现状监测结果，场址的辐射环境质量状况良好，有利于项目的建设。因此，从辐射环境保护角度分析，项目选址可行。

1.8 项目建设背景

1.8.1 项目用房的环保手续情况

2020年9月，重庆驰久环保工程有限公司编制完成了《三峡公共卫生应急医院项目环境影响报告书》，并于2020年9月11日取得了该项目的《重庆市建设项目环境影响评价文件批准书》，文号：渝（万）环准[2020]104号。

目前三峡公共卫生应急医院项目正在进行土建施工阶段，经向万州区生态环境局了解，三峡公共卫生应急医院项目未发生环境污染事故和环保投诉。无环保遗留问题。

1.8.2 重庆大学附属三峡医院核技术利用项目开展情况

经现场调查和咨询，医院于2021年12月6日重新申领了《辐射安全许可证》：渝环（辐）证00309号（有效期至2026年12月5日，见附件5），目前在许可范围内使用的有6台II类射线装置，1枚III类放射源，1枚V类放射源，45台III类射线装置，1个非密封放射性物质乙级工作场所，1个非密封放射性物质丙级工作场所。

根据调查，重庆大学附属三峡医院目前使用的核技术设备和场所没有超出《辐射安全许可证》许可范围。另外，“重庆大学附属三峡医院新建回旋加速器机房”项目正在建设，待建设完成后按要求办理《辐射安全许可证》。

经现场调查，三峡医院现有辐射防护制度完善，放射工作人员配备齐全，建立了个人剂量计档案和健康档案，放射工作人员均进行了辐射工作安全防护培训，并取得合格证/成绩合格单，做到了持证上岗。医院委托有资质单位对运行的射线装置机房和非密封放射性物质乙级、丙级工作场所的屏蔽能力进行了监测，各机房和乙级、丙级工作场所屏蔽能力满足要求。医院上述设备运行至今使用情况良好，经向重庆市生态环境局与万州区生态环境局了解，医院无辐射安全事故发生，未发生环保纠纷，未收到环保投诉，无环保遗留问题。

1.8.3 本项目与三峡公共卫生应急医院的依托关系

本项目主要依托三峡公共卫生应急医院1#门诊综合楼建筑主体以及三峡公共卫生应急医院的公用工程、废水处理站、医疗废物及生活垃圾收运系统和三峡医院辐射环境管理机构及人员。依托可行性分析详见表1-6。

表 1-6 项目依托可行性分析

依托工程	依托情况	可行性分析	结论
主体工程	建筑主体	项目用房的主体结构正在修建中，并有完善的环保手续。项目用房原为预留用房，本项目使用该区域后，不影响三峡公共卫生应急医院整体的布局与运营。	可依托
公用工程	供电、供水	三峡公共卫生应急医院供电系统、供水管网等正在建设中，建设完成后依托可行	可依托
环保工程	废水	主要为生活污水和医疗废水，无放射性废水。拟建的污水处理站处理能力为 1800m ³ /d，污水处理站设计时已考虑本项目的废水。本项目废水主要是医务人员洗手水、场地保洁水（无放射性废水），依托在建的污水处理设施及污水管网，医院污水处理站处理能力能够满足医院医疗废水处理需求。因此，项目废水依托三峡公共卫生应急医院污水处理站处理可行。	可依托
	固体废物	依托三峡公共卫生应急医院收运系统 三峡公共卫生应急医院地块院区东南部拟设一栋单独的污物、垃圾暂存库；在手术区域设置一个面积约 5m ² 的污物暂存间；介入手术过程中产生废物暂存在污物暂存间，每日及时将污物暂存间的废物经污物通道运至医院污物、垃圾暂存库暂存，再统一交有资质单位处理，待验收合格后依托可行。	可依托
劳动定员	医生、技师和护士	项目 DSA 劳动定员 12 人，其中手术医生 6 人，技师 3 人、护士 3 人，均在三峡医院内部调配。三峡医院现有放射工作人员中包含了技师、医师、护士等，依托可行。	可依托
管理	辐射环境管理	三峡医院已经建立了辐射防护管理机构，设置了专人负责管理医院辐射防护工作，制定了相应的管理制度和应急预案。三峡医院已有 DSA 运行，有相关管理经验，相关管理制度已很完善。	可依托

项目依托三峡公共卫生应急医院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。

1.8.4 本项目与医院发展的衔接

本项目建设 DSA 介入诊疗项目，目的是为应急医院中的患有传染病的患者争取最佳的抢救时间，建成后，项目将涉及肝脏介入手术、综合介入手术，提高了医院医疗服务质量，与医院的发展相适应。

表 2 放射源

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

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

表 3 非密封放射性物质

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

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

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) /剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
本项目不涉及。										

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	数字减影血管造影 X 射线装置 (DSA)	II 类	1 台	Innova IGS 5	125	1000	介入手术	三峡公共卫生应急医院 1#门诊综合楼的医技、住院楼的 2 楼北部区域东侧预留的介入手术室内	拟购

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大靶电流 (mA)	中子强度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
本项目不涉及。													

表 6 评价依据

法规 文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日施行修订版；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日施行修订版；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日施行；</p> <p>(4) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2020 年 9 月 1 日施行修订版；</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》，中华人民共和国国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日施行修订版；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，中华人民共和国国务院令第 449 号，2005 年 12 月 21 日施行，中华人民共和国国务院令第 709 号，2019 年 3 月 2 日修订实施；</p> <p>(7) 《医疗废物管理条例》，中华人民共和国国务院令第 380 号；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，国家环境保护总局令第 31 号，2021 年 1 月 4 日修订实施；</p> <p>(9) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，中华人民共和国环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日施行；</p> <p>(10) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，中华人民共和国生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日施行；</p> <p>(11) 《国家危险废物名录（2021 年版）》，中华人民共和国生态环境部令第 15 号，2021 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(12) 关于发布《射线装置分类》的公告，环境保护部和国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日施行；</p> <p>(13) 《重庆市环境保护条例》，2018 年 7 月 26 日施行修订版；</p> <p>(14) 《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；</p> <p>(15) 重庆市环境保护局关于印发《重庆市放射性同位素与射线装置辐射安全许可管理规定》的通知，渝环[2017]242 号。</p>
----------	---

续表 6 评价依据

<p>技术标准 技术规范</p>	<p>(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ2.1-2016)；</p> <p>(2) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016)；</p> <p>(3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)；</p> <p>(4) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)；</p> <p>(5) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)；</p> <p>(6) 《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分：化学有害因素（一）》(GBZ2.1-2019)；</p> <p>(7) 参照《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》(WS76-2020)；</p> <p>(8) 《急性外照射放射病的诊断标准》(GBZ104-2017)。</p>
<p>其他</p>	<p>(1) 环境影响评价委托书；</p> <p>(2) 《重庆市发展和改革委员会关于三峡公共卫生应急医院项目可行性研究报告的批复》，渝发改社会〔2020〕1927 号；</p> <p>(3) 《三峡公共卫生应急医院项目环境影响报告书》；</p> <p>(4) 《重庆市建设项目环境影响评价文件批准书》，渝（万）环准[2020]104 号；</p> <p>(5) 《监测报告》，渝泓环(监)[2021]2267 号；</p> <p>(6) ICRP33 号报告《Protection Against Ionizing Radiation from External Sources Used in Medicine》；</p> <p>(7) NCRP147 号报告《Structural shielding Design for Medical X-ray Imaging Facilities》；</p> <p>(8) 《辐射防护导论》；</p> <p>(9) 医院提供的其他资料。</p>

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

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

7.2 环境保护目标

项目位于三峡公共卫生应急医院 1#门诊综合楼的医技、住院楼 2 楼北部区域东侧预留的介入手术室内。1#门诊综合楼分为两栋，分别为 1#门诊楼（-1F~3F）、1#医技、住院楼（-1F~7F），两栋楼-1F 相通，1F 分开，2F 与 3F 通过廊桥连接。

根据设计，介入手术室东侧紧邻污物通道；南侧紧邻控制室以及医护人员缓冲区，之外约 2m 处为设备间、其余手术室缓冲区，之后约 3.5m 处为其余手术室、办公室等；北侧紧邻麻醉苏醒区，之后约 3.5m 为污物处理间、其余手术室缓冲区、之后 5.5m 处为其余手术室等；西侧紧邻医护廊，之后约 2.5m 为无菌库、一次性库房等，之后约 7m 为会议室、麻醉科等，之后约 40m 为 L1#临时住院楼；西南侧约 42m 为 1#门诊综合楼的门诊楼；楼上（3F）为设备机房区域；楼下（1F 楼）检验科。

项目评价范围（50m）内周围环境保护目标见表 7-1。

续表 7 保护目标与评价标准

表 7-1 周围环境保护目标一览表							
编号	名称	方位	最近水平距离	高差	环境特征及受影响人群	影响因素	
1	污物通道	东侧	紧邻	平层	手术区域用房, 公众成员, 约 1 人	电离辐射	
2	控制室、医护人员缓冲区	南侧	紧邻	平层	项目用房, 放射工作人员, 约 2 人		
	设备间		约 2m	平层	项目用房, 放射工作人员, 约 1 人		
3	其余手术室缓冲区		约 2m	平层	手术区域用房, 放射工作人员及公众成员, 约 2 人		
	其余手术室、办公室		约 3.5m	平层	手术区域用房, 公众成员约 25 人		
4	麻醉复苏区		北侧	紧邻	平层		手术区域用房, 公众成员, 约 3 人
	污物处理间、其余手术室缓冲区			约 3.5m	平层		手术区域用房, 公众成员, 约 10 人
	其余手术室	约 5.5m		平层	手术区域用房, 公众成员, 约 10 人		
5	医护廊	西侧	紧邻	平层	手术区域用房, 公众成员, 约 5 人		
	无菌库、一次性库房		约 2.5m	平层	手术区域用房, 公众成员, 约 3 人		
	会议室、麻醉科等		约 7m	平层	手术区域用房, 公众成员, 约 50 人		
6	L1#临时住院楼		约 40m	建筑最高与本项目顶棚等高	2F, 医院用房, 公众成员, 约 500 人		
7	1#门诊综合楼的门诊楼	西南	约 42m	建筑最高比本项目楼顶高 4.5m	3F, 医院用房, 公众成员, 约 500 人		
8	3~7F	楼上	/	楼上	医院用房, 其中 3F 为设备机房区域, 4F 以上为住院楼, 公众成员, 约 300 人		
9	-1F~1F	楼下	/	楼下	医院用房, 其中 1F 为检验科, -1F 为车库, 公众成员, 约 50 人		

续表 7 保护目标与评价标准

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。

剂量限值:

1) 放射工作人员

B.1.1.1.1 应对任何工作人员的职业照射水平进行控制,使之不超过下述限值:

a) 由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量(但不可作任何追溯性平均),
20mSv;

b) 任何一年中的有效剂量, 50mSv。

2) 公众照射

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

(2) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)

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

6.1 X 射线设备机房布局

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

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。

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。

续表 7 保护目标与评价标准

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

备注：项目 DSA 属于单管头 C 型臂，按单管头 X 射线设备执行。

6.2 X 射线设备机房屏蔽

6.2.1 不同类型 X 射线设备（不含床旁摄影设备和便携式 X 射线设备）机房的屏蔽防护应不低于表 3（即下表 7-3）的规定。

表 7-3 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求（摘录）

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

备注：DSA 为 C 型臂 X 射线设备。

6.2.3 机房的门和窗关闭时应满足表 3（即表 7-3）的要求。

6.3 X 射线设备机房屏蔽体外剂量水平

6.3.1 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

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

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；

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

续表 7 保护目标与评价标准

介入放射性操作	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套 选配：铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏 选配：移动铅防护屏风	铅橡胶性腺防护围裙(方形)或方巾、铅橡胶颈套 选配：铅橡胶帽子	—
<p>注 1：“—”表示不做要求。</p> <p>注 2：各类个人防护用品和辅助防护设施，指防电离辐射的用品和设施。鼓励使用非铅材料防护用品，特别是非铅介入防护手套。</p>				
<p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>附录 B</p> <p>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。</p> <p>表 B.1 中备注 1：介入放射学设备按透视条件进行检测。</p> <p>B.2 关注点检测的位置要求</p> <p>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。</p> <p>(3)《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》(GBZ2.1-2019)</p> <p>工作场所空气中化学因素的职业接触限值为：</p> <p>臭氧最高容许浓度（MAC）接触限值：0.3mg/m³；</p> <p>氮氧化物（一氧化氮和二氧化氮）的时间加权平均容许浓度（PC-TWA）接触限值：5mg/m³。</p> <p>(4) 评价标准及相关参数值</p> <p>根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求，放射工作人员年有效剂量不超过20mSv，公众成员年有效剂量不超过1mSv；条款11.4.3.2规定：剂量约束值通常应在公众照射剂量限值10%-30%（即0.1mSv/a-0.3mSv/a）的范围之内。</p> <p>根据医院提供的资料（见支撑性材料：附件1环境影响评价委托书），医院取 GB18871-2002 中工作人员职业照射剂量限值的四分之一即 5mSv/a 作为放射工作人员的</p>				

续表 7 保护目标与评价标准

年有效剂量管理目标值；取其公众照射平均剂量估计值的四分之一即0.25mSv/a作为公众成员的年有效剂量管理目标值，本项目医院的公众照射剂量管理取值为25%在上述取值范围内，满足GB18871-2002要求。

综上所述，结合本项目医用射线装置的实际情况，确定本项目的评价要求见表 7-5 所示。

表 7-5 辐射评价标准及相关参数汇总表

年有效剂量控制			执行依据
执行对象	标准限值 (mSv/a)	年有效剂量管理目标 (mSv/a)	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)及医院管理要求
放射工作人员	20	5	
公众成员	1	0.25	
环境剂量控制			执行依据
透视时介入手术室外 30cm 处	距离介入手术室(DSA 机房)墙体、门、窗表面 30cm, 顶棚上方(楼上)距顶棚地面 100cm, 机房地面下方(楼下)距楼下地面 170cm 处的周围剂量当量率 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$		《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)
摄影时介入手术室外 30cm 处	具有短时、高剂量率曝光的摄影程序(如屏片摄影)机房外的周围剂量率应不大于 $25\mu\text{Sv/h}$, 当超过时应进行机房外人员的年有效剂量评估, 应不大于 0.25mSv。		
机房面积控制			执行依据
设备名称	机房内最小有效使用面积(m ²)	机房内最小单边长度(m)	《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)
DSA	20	3.5	

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

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理位置

三峡公共卫生应急医院位于重庆市万州区天城镇万河村2组(高铁片区)，本项目位于三峡公共卫生应急医院1#门诊综合楼的医技、住院楼北部区域东侧2楼预留的介入手术室内。

8.2 环境质量和辐射现状

为掌握项目所在位置的辐射环境背景水平，特委托重庆泓天环境监测有限公司对项目区域的环境地表 γ 辐射剂量率背景值进行了监测。

- (1) 监测时间：2021年12月29日
- (2) 监测因子：环境 γ 辐射剂量率
- (3) 监测报告编号为：渝泓环（监）[2021]2267号
- (4) 监测方法和依据：

监测方法和依据见表 8-1。

表 8-1 监测方法和依据

监测方法	监测依据
仪器法	《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》HJ1157-2021

- (5) 监测仪器

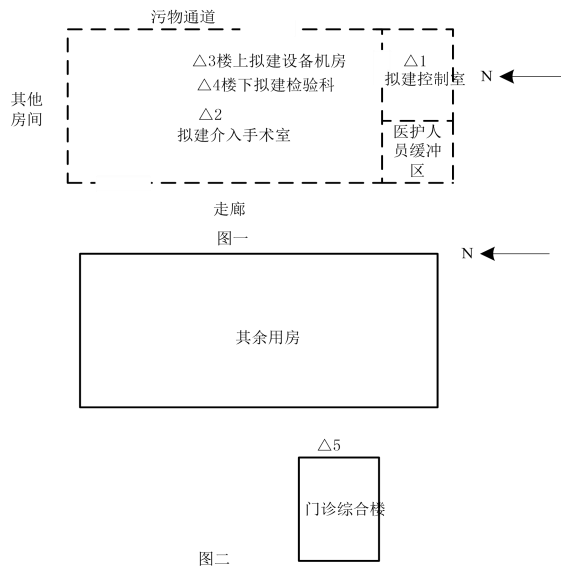
监测仪器情况见表 8-2。

表 8-2 监测仪器情况

仪器名称及型号	仪器编号	计量校准证书编号	有效期至	校准因子
环境监测用 X、 γ 辐射空气比释动能率 JB4010	09031	2021H21-20-3220801001	2022.4.25	0.93

- (6) 监测点位：共设 5 个点，具体监测布点见图 8-1。

续表 8 环境质量和辐射现状



备注：△为环境γ辐射剂量率监测点位，监测高度距地面 1.0m，拟建介入手术室内位于医院门诊综合楼医技、住院楼的 2 楼，楼上为拟建设备机房，楼下为拟建检验科。

图 8-1 监测布点示意图

监测期间，医院门诊综合楼主体工程正在施工，还未对手术室内部门进行装修。本次监测在项目拟建控制室、拟建介入手术室内、楼上拟建设备机房、楼下拟建检验科以及最近建筑门诊综合楼的门诊楼均设置了监测点位，各监测点位的布设能够反映本项目用房辐射环境水平及邻近环境γ辐射水平。因此，项目监测布点合理可行。

(7) 质量保证措施：监测仪器每年送计量部门检定合格后在有效期内使用；监测时获取足够的数量，以保证监测结果的统计学精度；监测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由技术负责人审定。因此，监测结果有效。

(8) 监测结果统计

监测结果统计见表 8-3。

表 8-3 项目本底监测结果统计

监测点位	监测点位描述	环境γ辐射剂量率 (nGy/h)
△1	拟建控制室	50
△2	拟建介入手术室	52
△3	楼上拟建设备机房	44
△4	楼下拟建检验科	55
△5	1#门诊综合楼的门诊楼	72

根据监测统计结果可知，本项目拟建位置的γ辐射剂量率的监测值在 44nGy/h~

72nGy/h 之间（未扣除宇宙射线的响应值）。根据《2020 年重庆市生态环境质量公报》，重庆市 2020 年环境地表 γ 空气吸收剂量率平均值为 95.9nGy/h（未扣除宇宙射线的响应值）。两者相比，拟建址场址 γ 辐射剂量率无明显变化。

表9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

9.1 施工期污染工序及污染物产生情况

本项目介入手术室是《三峡公共卫生应急医院项目环境影响报告书》评价阶段已考虑的建设内容，介入手术室及配套用房通风、给排水、墙体防护作为院内建筑物主体工程之一同时建设，其土建与装修纳入报告书施工期环境影响分析统一评价，本项目只负责设备安装。项目施工期主要污染物为施工人员产生的施工噪声、少量生活污水、生活垃圾及包装废物。

9.2 运行期污染工序及污染物产生情况

9.2.1 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 9-1，X 射线管的阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中，当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度，这些高速电子到达靶面为靶体所突然阻挡从而产生 X 射线。

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

续表 9 项目工程分析与源项

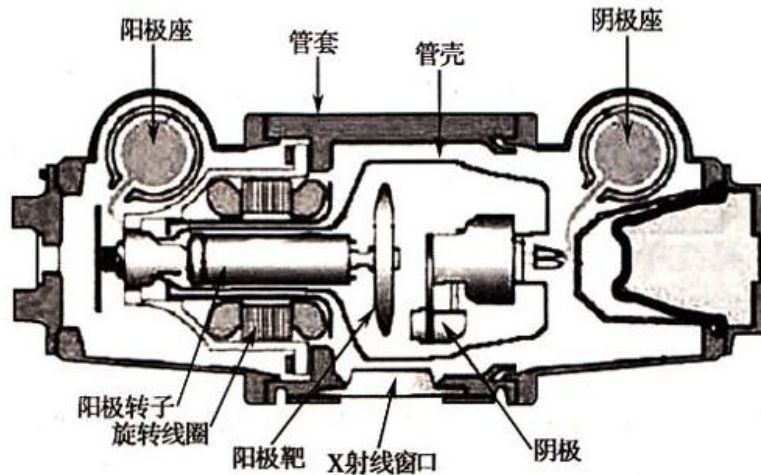


图 9-1 典型 X 射线管结构图

② DSA 工作原理

DSA 的基本原理是先后将没有注入造影剂和注入造影剂后通过人体 X 线信号进行成像，分别经平板探测器增益后，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存储起来，然后输入电子计算机处理并将两幅图像的数字信息相减，获得的不同数值的差值信号，再经对比度增强和数/模转换成普通的模拟信号，获得了去除骨骼、肌肉和其它软组织，只留下单纯血管影像的减影图像，通过显示器显示出来。通过 DSA 处理的图像，使血管的影像更为清晰，在进行介入手术时更为安全。

9.2.2 设备组成

DSA 系统组成：Gantry，俗称“机架”或“C 型臂”，由“L”臂、PIVOT、“C”臂组成，同时还包括了数字平板探测器、球管、束光器等部件；专业手术床；Atlas 机柜，该机柜由 DL、RTAC、JEDI 构成；球管和数字平板探测器分别通过各自的水冷机控制温度；图像处理系统。

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 工作示意图见图 9-2，实物图如下图 9-3 所示。

续表 9 项目工程分析与源项

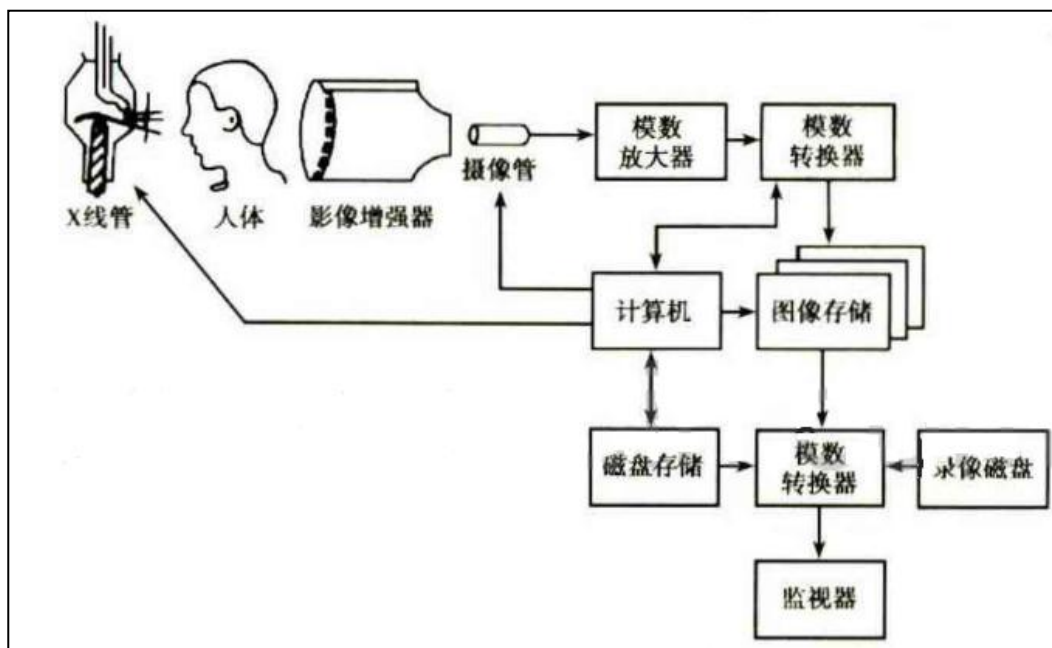


图 9-2 DSA 工作示意图



图 9-3 DSA 实物图（示例）

9.2.3 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。

项目 DSA 在进行曝光时分为两种情况：

第一种情况，采集。采集包括电影和减影两种模式，根据手术方案，采集次数不同。一般情况下，电影模式下是医生在介入手术室内由手术医生直接采集，医生与病人直接交流。在减影模式下则采取隔室操作的方式（即 DSA 技师在控制位内对病人进

续表 9 项目工程分析与源项

行曝光)，医生通过铅玻璃观察窗和操作台观察机房内病人情况，并通过对讲系统与病人交流。实际操作过程中，减影模式下手术医生也可能在介入手术室内，曝光时医护人员位于移动铅屏风后。无论哪种工作模式，医生在介入手术室内身着铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套等个人防护用品。

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

DSA 操作流程及产污环节见图 9-4 所示。

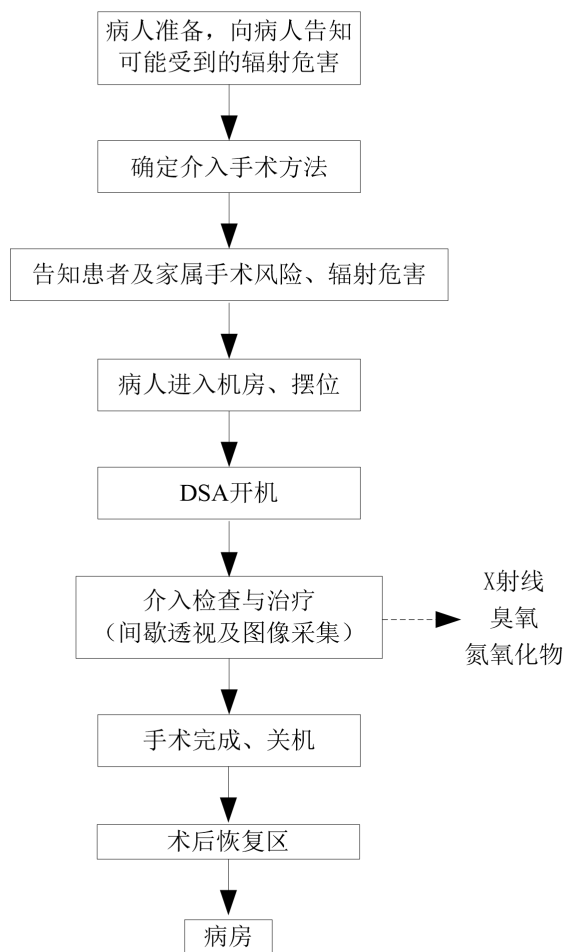


图 9-4 DSA 操作流程及产污环节图

续表 9 项目工程分析与源项

9.2.4 污染因子

(1) X 射线

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

(2) 其他

DSA 运行过程不产生放射性废水、废气和放射性固体废物。

DSA 运行时，空气在 X 射线的作用下电离产生少量的氮氧化物(NOx)和臭氧(O₃)。

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

9.2.5 工作负荷

根据医院提供的资料，医院开展介入手术的工作负荷见表 9-1。

表 9-1 医院 DSA 工作负荷表

透视					
手术类别	工作人员及数量	年开展工作量 (台)	每台手术透视曝光时间 (min)	年透视曝光时间 (h)	
肝脏介入	手术医生 3 人	500	约 21	175	
综合介入	手术医生 3 人	500	约 21	175	
小计	/	1000	/	350	
采集					
手术类别	年开展工作量 (台)	单次采集时间 (S)	单台手术采 集次数 (次)	单台手术最大采 集时间 (min)	年采集时间 (h)
肝脏介入	500	3~4	6~10	约 0.7	5.83
综合介入	500	3~8	7~15	约 2	16.67
小计	1000	/	/	/	22.5
总计	/	/	/	/	372.5

由上表可知，本项目 DSA 年透视时间约 350h，采集时间约 22.5h，DSA 总年有效开机时间约 372.5h。

9.3 路径规划

(1) 放射工作人员路径：医护人员（手术医生和护士）在更衣室换好衣服、穿戴

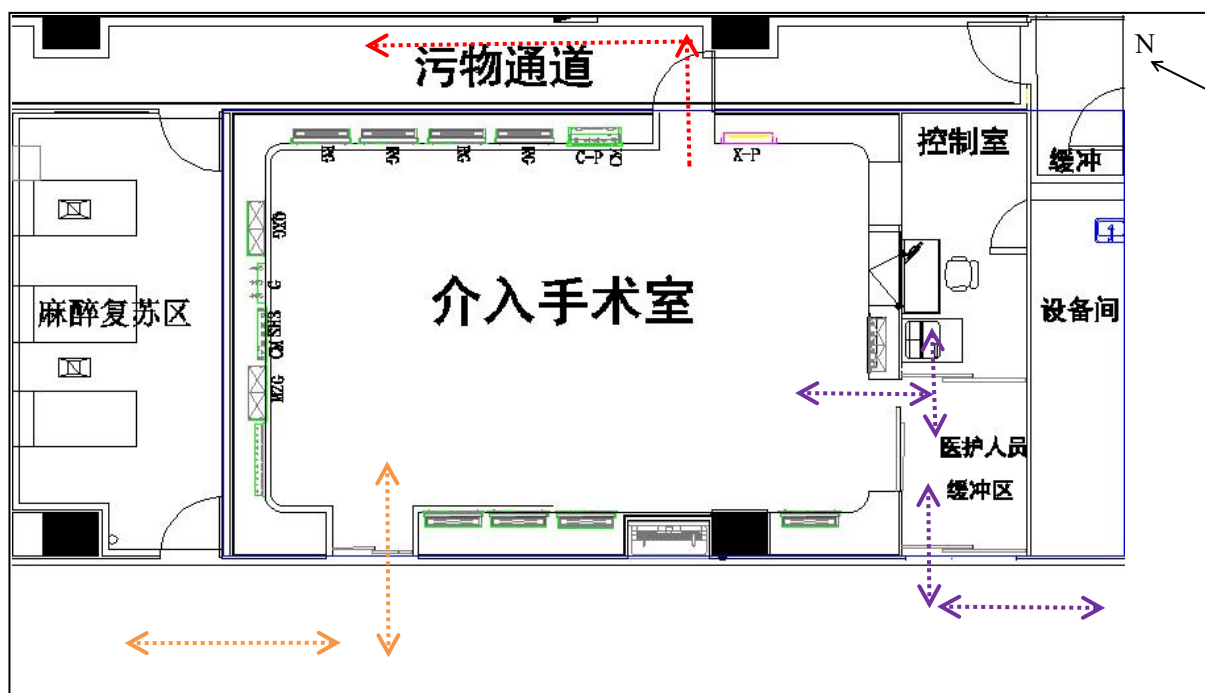
续表 9 项目工程分析与源项

好个人防护用品并消毒后由 DSA 手术室西侧的医护廊先进入医护人员缓冲区再进入介入手术室；技师在更衣室换好衣服并穿戴好个人防护用品后由 DSA 手术室西侧的医护廊先进入医护人员缓冲区再进入控制室；手术完成后，医护人员原路返回。

(2) 病人通道：病人通过北侧的病梯进入 2 楼，先在缓冲/换床区域更换衣服，再经 DSA 手术室西侧的走廊直接进入介入手术室接受手术，手术完成后原路返回。

(3) 污物通道：手术期间产生医疗废物手术结束后由东侧的污物通道先运至北侧的污物暂存间暂存，在每天工作结束后再由污物暂存间运出，运至医院污物、垃圾暂存库。利用东侧污物通道运输，污物在每天工作结束后运输。

项目通道布置情况见图 9-5 所示。



图例：工作人员路线：←-----→ 病人路线：←-----→ 污物通道：-----→

图 9-5 本项目人流物流通道示意图

9.4 污染源项描述

9.4.1 电离辐射

与电离辐射危害有关的辐射安全环节主要为 DSA 设备 X 射线球管出束照射患者期间，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。

续表 9 项目工程分析与源项

(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。为防止 X 射线球管烧毁并延长其使用寿命，在实际使用时，管电压和管电流通常留有约 30% 的裕量。根据医院资料提供资料及重庆市多家医院 DSA 的设备工作条件发现：① 在极端情况下，DSA 透视工况运行管电压为最大管电压，即 125kV，电流自动跟随电压，电流不大于 110mA；在极端情况下，DSA 采集工况运行管电压也为最大管电压，即 125kV，电流自动跟随电压，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》(P342, 附图 3)，不同过滤条件下离靶 1 米处的 X 射线发射率如下图 9-6 所示。

续表 9 项目工程分析与源项

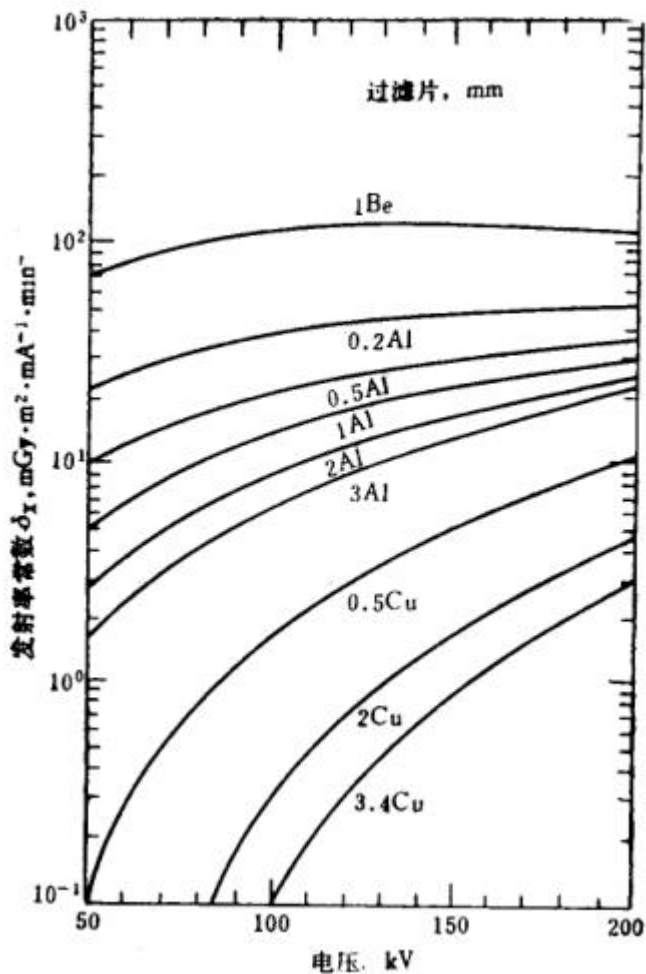


图 9-6 不同过滤材质在恒电位 X 射线发生器在离靶 1 米处的发射率

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

表9-2 最大管电压和常用最大电压距靶1m处有用线束的发射率

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

(2) 漏射线

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

(3) 散射线

续表 9 项目工程分析与源项

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

9.4.2 “三废”排放情况

(1) 废气

X 射线与空气作用，可以使气体分子或原子电离、激发，产生臭氧和氮氧化物，影响室内空气质量。臭氧和氮氧化物是一种对人体健康有害的气体。

(2) 固废

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（2021 年版）》中 HW01 医疗废物。医院在手术室内分别设置感染性和损伤性废物收集桶，收集桶带盖，并粘贴标识。手术过程中产生废物暂存在污物暂存间，每日及时将污物暂存间的废物经污物通道运至医院污物、垃圾暂存库暂存，再统一交有资质单位处理。

DSA 在运行时均采用实时成像系统，不洗片，无废片产生。项目产生生活垃圾依托院内生活垃圾暂存间暂存交环卫部门处理。项目配置多套铅橡胶衣、帽子等含铅防护用品，在使用一定年限后屏蔽能力减弱，不再使用的铅防护用品，按有关规定由医院收集、妥善保存并做好相应记录、再交有资质单位处置。

(3) 废水

本项目产生的少量医疗废水进入医院污水处理站统一处理，达标后排入市政管网。

9.4.3 项目污染因子统计

综上所述，本项目污染因子一览表见表 9-3。

表 9-3 污染因子一览表

工作场所	影响因素	主要污染因子	产排量
介入手术室	电离辐射	X 射线	距靶 1m 处有用线束的发射率：125kV 下不大于 9.8mGy·m ² /mA·min，90kV 不大于 5.3mGy·m ² /mA·min； 漏射线距焦点 1m 处平均空气比释动能率不超过 1mGy/h
	废气	O ₃ 、NO _x	少量（机械排风）
	固废	医疗废物	少量（每台收拾结束后整理打包，及时运至污物、垃

续表 9 项目工程分析与源项

			圾暂存库暂存，交有资质单位处置)
		生活垃圾	少量(交环卫部门处置)
		废铅防护用品	少量(按有关规定由医院收集、妥善保存并做好相应记录、再交有资质单位处置)
	废水	医疗废水	少量(排入医院污水处理站处理)

表 10 辐射安全与防护

10.1 布局与分区

10.1.1 项目布局合理性分析

项目位于 1#门诊综合楼的医技、住院楼的 2 楼北部区域东侧预留的介入手术室内，配有单独的控制室、设备间，依托手术区域其他用房和设施，其它辅助配套用房齐全，满足诊疗需求。介入手术室东侧为污物通道、北侧为手术室麻醉复苏区、南侧为控制室与医护人员缓冲区、西侧为医护廊等。介入手术室周边均为本项目专用房与手术区域公共用房，除手术工作人员和病人可以进出外，其他公众成员未经允许不得入内，减少对周围公众的影响和有利于辐射防护。

本项目所在的介入手术室位于 1#门诊综合楼的医技、住院楼的 2 楼东部，项目用房包括介入手术室、控制室、设备间、医护人员缓冲区等。项目所在区域除医生等工作人员和病人（特殊情况下有家属陪同）可以进出外，介入手术室位置相对独立，一般公众活动较少，远离人流聚集区域，有利于辐射防护。介入手术室属于独立的手术间，设置 3 个防护门，分别用于工作人员、病人进出和污物运出，路径独立。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，平面布局合理。

10.1.2 机房面积

本项目介入手术室的内空尺寸和标准要求见表 10-1 所示。

表 10-1 射线装置机房建设要求对比表

设备名称	机房设计		标准要求		是否满足要求
	有效使用面积 (m ²)	最小单边长 (m)	机房内最小有效使用面积 (m ²)	机房内最小单边长度 (m)	
DSA	约 47.3	5.95	≥20	≥3.5	满足

由上表可知，本项目介入手术室的有效使用面积和最小单边长度均能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。

10.1.3 辐射工作场所分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）控制区和监督区的定义，划定控制区和监督区。

控制区：在辐射工作场所划分的一种区域，在这种区域内要求或可能要求采取专

续表 10 辐射安全与防护

门的防护手段和安全措施，以便：a)在正常条件下控制正常照射或防止污染扩展；b)防止潜在照射或限制其程度。

监督区：未被确定为控制区、通常不需要采取专门防护手段和措施但要不断检查其职业照射条件的任何区域。控制区和监督区分区情况见表 10-2 和图 10-1。

表 10-2 控制区、监督区分表

分区类型	划分区
控制区范围	介入手术室
监督区范围	控制室、医护人员缓冲区、麻醉复苏区、医护廊、污物通道以及机房楼上对应区域（设备机房区域）、机房楼下对应区域（检验科的常规检测区以及普通检验区）

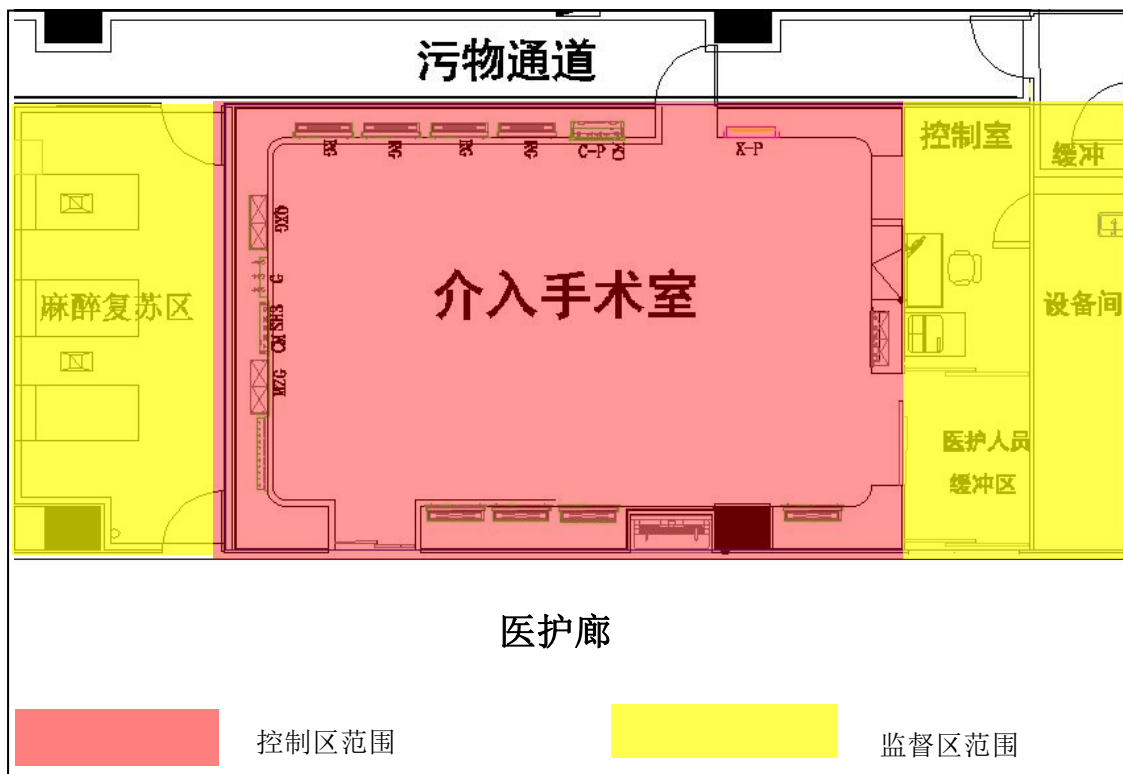


图 10-1 项目分区布置示意图

10.2 辐射安全与防护

10.2.1 医院采取的辐射安全与防护措施

(1) 设备固有措施

本项目拟购 DSA 装置自身采取了多种固有安全防护措施：

①本项目拟购 DSA 设备可调限束装置，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

续表 10 辐射安全与防护

员在不变换操作位置情况下成功切换透视和采集功能的控制键。介入操作中，设备控制台和机房内显示器上能显示当前受检者的辐射剂量测定指示和多次曝光剂量记录。

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

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

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

⑤配备辅助防护设施：包括铅悬挂防护屏、铅防护吊帘、床侧防护帘、床侧防护屏。

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

(2) 机房采取的辐射安全与防护措施

①本项目机房的有效使用面积约 47.3m²、最小单边长度 5.95m，四周墙体均采用 3mmPb 铅板，顶棚及地板均为 150mm 混凝土（密度不低于 2.35g/cm³，下同）+3mmPb 硫酸钡水泥，3 个防护门及 1 个观察窗均为 3mmPb，根据核算，本项目机房屏蔽防护能力满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。

②介入手术室的 3 个门均为铅防护门，手术室与医护人员缓冲区、病人进出口的门为推拉式门，拟设置防夹装置；手术室与污物通道之间为平开门，拟设置自动闭门装置；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，铅门和窗由专业单位生产和安装，保证屏蔽能力。

(3) 通风

介入手术室采用机械进风、机械排风，设置新风系统。介入手术室内部南侧设置 2 个排风口、介入手术室西侧设置 2 个侧排风口，介入手术室 DSA 运行产生的废气经废气管道引至介入手术室外，废气排放口位于手术室东南侧角落。

续表 10 辐射安全与防护

(4) 管线进出口防护

穿墙线管：机房内穿越防护墙的电缆导线、导管等均在介入手术室东南侧角落直穿墙体，管线进出口设置在底部并敷设 2mmPb 硫酸钡水泥，不影响墙体的屏蔽防护效果。

穿墙风管：通风管道均直穿墙体，介入手术室内风管由机房吊顶上方东南侧角落位置穿越机房屏蔽体，穿墙高度离地约 3.9m，穿墙处拟采用铅皮屏蔽防护包裹补偿墙体的屏蔽能力，铅皮厚度为 3mmPb，包裹长度不少于 20cm，铅皮包裹从介入手术室内部开始包裹，并大于管道孔径，射线经多次散射后对机房外的剂量满足要求。

(5) 联锁系统

介入手术室的出入口防护铅门均设置有门灯联锁系统，即在开机时，门上方设置的“射线有害、灯亮勿入”指示灯亮，警示无关人员远离机房区域。设备间门为常闭状态，设备间内无人员停留。

(6) 警示标识

介入手术室各防护门外均拟设置电离辐射警告标志，并在家属等候区域墙上张贴放射防护注意事项。

(7) 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 项目配置的个人防护用品和辅助防护设施情况

设备类型	工作人员		患者	
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施
DSA	DSA 介入手术分体铅衣医用、X 射线防护铅围脖、医用 X 射线防护铅短裤、医用 X 射线防护圆帽（6 套）	铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏、移动铅防护屏风（1 套）	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套（2 套，成人和儿童各一套）	/

备注：除介入防护手套外，防护用品和辅助防护设施的铅当量不小于 0.25mmPb；介入防护手套铅当量不小于 0.025mmPb；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不小于 2mmPb，放射工作人员需要光学铅眼镜的另行单独配置。儿童防护用品和辅助防护设施的铅当量不小于 0.5mmPb。防护用品采用悬挂或平铺方式存放，不折叠。

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

续表 10 辐射安全与防护

(8) 介入中心管理

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

②合理布置机房内急救及手术用辅助设备，机房内拟安装对讲装置。

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

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

10.3 三废的治理

本项目 X 射线装置（DSA）在工作过程中主要产生 X 射线，不产生放射性三废。

表 10-4 项目辐射防护措施与标准要求对比情况表

标准号	标准要求		项目情况
GBZ130 -2020	X 射线设备防护性能的技术要求	5.2.2 透视曝光开关应为常断式开关，并配有透视计时及限时报警装置。	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。
		5.8.2 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，机房内具备工作人员在不变换操作位置情况下能成功切换透视和摄影功能的脚踩控制键。
		5.8.3 X 射线设备应配备能阻止使用焦皮距小于 20cm 的装置。	本项目拟购 DSA 设备的焦皮距为 38cm，满足要求。
		5.8.4 介入操作中，设备控制台和机房内显示器上应能显示当前受检者的辐射剂量测定指示和多次曝光剂量记录。	设备自带，设备控制台和机房内显示器上能显示当前受检者的辐射剂量测定指示和多次曝光剂量记录。
	X 射线设备机房防护设施的技术要求	6.1.1 应合理设置 X 射线设备、机房的门、窗和管线口位置，应尽量避免有用线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位。	拟合理设置门窗和管线位置，设备自带影像增强器能较好的阻挡主射线。
		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。	机房选址已考虑邻室（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；	设备有独立的机房，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。	本项目机房的有效使用面积约 47.3m ² 、最小单边长度 5.95m，均满足标准要求。
		6.3.1 a) 具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h；测量时，X 射线设备连续出束时间应不大于仪器响应时间；	根据后文核算，本项目 DSA 在透视工况下机房屏蔽体外的周围剂量当量率均不大于 2.5μSv/h，在摄影工况下机房屏蔽体外的周围剂量当量率均不大于 25μSv/h。
		6.3.1 c) 具有短时、高剂量率曝光的摄影程序（如 DR、CR、屏片摄影）机房外的周围剂量率应不大于 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；	

标准号	标准要求	项目情况
	6.4.1 机房应设有观察窗或摄像监控装置，其设置的位置应便于观察到受检者状态及防护门开闭情况。	机房拟设置有观察窗，能观察到受检者状态及防护门开闭情况。
	6.4.2 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。	机房内除必要的配套设施外，将不堆放其他杂物。
	6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。	机房拟采取自然进风和机械排风，能保证良好的通风。
	6.4.4 机房门外应有电离辐射警告标志；机房门上方应有醒目的工作状态指示灯，灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句；候诊区应设置放射防护注意事项告知栏。	铅防护门均拟设置电离辐射警告标志和工作状态指示灯，灯箱显示“射线有害、灯亮勿入”，同时拟在家属等候区墙上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。	手术室与医护人员缓冲区、病人进出口的门为推拉式门，拟设防夹装置；手术室与污物通道之间为平开门，拟设自动闭门装置，拟设置门灯联锁，确保曝光时关闭机房门。
	6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。	手术室与医护人员缓冲区、医护人员缓冲区与控制室、医护人员缓冲区进出口、病人进出口的门为推拉式门，电动推拉门拟设置防夹装置。
	6.4.7 受检者不应在机房内候诊；非特殊情况，检查过程中陪检者不应滞留在机房内。	拟加强管理，将其列入管理制度中，按标准要求执行。
	6.4.10 机房出入门宜处于散射辐射相对低的位置。	设备自带影像增强器能较好的阻挡主射线，机房出入门均处于散射辐射相对低的位置。
	6.5.1 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	拟配置相应的辐射防护用品，类型、数量和铅当量均满足要求。具体配置

标准号	标准要求	项目情况	
	配备铅橡胶防护衣。	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，按要求执行。	
	X 射线设备操作的防护安全要求	7.8.2 介入放射学用 X 射线设备应具有可准确记录受检者剂量的装置，并尽可能将每次诊疗后受检者受照剂量记录在病历中，需要时，应能追溯到受检者的受照剂量。	设备具有可准确记录受检者剂量的装置，医院拟将每次诊疗后受检者受照剂量记录在病历中，需要时可追溯。
		7.8.3 除存在临床不可接受的情况外，图像采集时工作人员应尽量不在机房内停留；对受检者实施照射时，禁止与诊疗无关的其他人员在机房内停留。	拟加强管理，图像采集时工作人员尽量不在机房内停留；对受检者实施照射时，禁止与诊疗无关的其他人员在机房内停留。
		7.8.4 穿着防护服进行介入放射学操作的工作人员，其个人剂量计佩戴要求应符合 GBZ128 的规定。	医院拟为每名介入手术的医生和护士在铅防护衣内外各配置 1 枚个人剂量计，满足要求。
		7.8.5 移动式 C 形臂 X 射线设备垂直方向透视时，球管应位于病人身体下方；水平方向透视时，工作人员可位于影响增强器一侧，同时注意避免有用线束直接照射。	拟加强工作人员管理，项目运行前对放射工作人员进行培训，并制定相应制度，按照标准规定执行。
GBZ128-2019	剂量计的佩戴 5.3.2 对于如介入放射学、核医学放射药物分装与注射等全身受照不均匀的工作情况，应在铅围裙外锁骨对应的领口位置佩戴剂量计。 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	医院拟为每名介入手术的医生和护士在铅防护衣内外各配置 1 枚个人剂量计。	

标准号	标准要求	项目情况
	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

本项目施工期主要为设备的安装工作，主要的污染因子有：废水、固体废物等。

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污水处理系统处理。

施工噪声主要来自于设备安装及现场处理等，采取合理安排施工时间，选择低噪声设备和工艺等措施减少施工噪声影响。

固体废物：主要为施工人员产生的生活垃圾和包装废物，生活垃圾交环卫部门统一收运处置，包装废物可回收利用部分回收利用，其余交环卫部门处理。

本项目工程量小，且均在建筑物内施工，对外环境及保护目标的影响较小；项目施工期短，施工期产生的影响随着施工的结束而消失，环境可以接受。

11.2 营运期辐射环境影响分析

11.2.1 机房铅当量核算

(1) 核算公式

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：

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

式中：

B——给定铅厚度的屏蔽透射因子；

β ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

续表 11 环境影响分析

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在相同透射因子 B 的情况下，其相当于其他屏蔽材质的厚度核算按以下公式核算：

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

式中： X ——不同屏蔽物质的铅当量厚度；其余同上。

(2) 相关参数

根据 DSA 工作原理及工作方式可知，DSA 的辐射场由三种射线组成：主射线、散射线、漏射线。根据 NCRP147 号报告“Examples of Shielding Calculations”5.1 节 (P72) 指出，DSA 屏蔽估算时不需要考虑主束照射。根据 NCRP147 号报告第 138 页 C.2 可知，DSA 的漏射线剂量率很小（一般不大于 1mGy/h）。因此，在屏蔽防护时主要考虑非有用线束的影响，而 90°非有用线束的影响最大，因此本评价以 90°非有用线束屏蔽厚度要求作为核算依据。本项目 DSA 最大管电压为 125kV，对于顶棚和地板查《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）表 C.2 混凝土拟合参数进行核算。预测参数见表 11-1。

表 11-1 介入手术室核算参数

屏蔽材料	125kV (90°非有用线束)			屏蔽材料的密度 g/cm ³
	α	β	γ	
铅	2.233	7.888	0.7295	11.3
混凝土	0.0351	0.0660	0.7832	2.35

(3) 核算结果

根据医院提供的屏蔽防护方案及设备额定参数，介入手术室屏蔽体的铅当量核算结果见表 11-2。

表 11-2 介入手术室屏蔽厚度与 GBZ130-2020 要求对比表

机房名称	屏蔽防护体	屏蔽防护设计	折合铅当量	标准要求	评价结果
介入手术室	四周墙体	3mm Pb 铅板	3mmPb	2mmPb	满足
	顶棚	150mm 混凝土+3mm	5.05mmPb	2mmPb	满足

续表 11 环境影响分析

		Pb 硫酸钡水泥			
	地板	150mm 混凝土+3mm Pb 硫酸钡水泥	5.05mmPb	2mmPb	满足
	铅门、铅窗	3mm Pb 铅版	3mmPb	2mmPb	满足

备注：混凝土（砣）密度 2.35g/cm³。

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）6.2.1 可知，标准中规定了 X 射线装置机房的屏蔽防护应不低于标准中表 3 的要求，即本项目介入手术室屏蔽能力不得低于 2mmPb 当量。根据上表核算和对比分析，本项目机房墙体的屏蔽能力均能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。

11.2.2 介入手术室屏蔽体外剂量率核算

（1）核算公式

根据公式 11-1 计算得到屏蔽透射因子 B 后，关注点的散射辐射剂量率 \dot{H} (μSv/h) 根据《辐射防护导论》（原子能出版社）第三章第三节（P116-P117）散射线的屏蔽计算公式(3.66)进行推导得出，按最不利情况考虑居留因子取 1，管电压修正系数取 1，推导出项目关注点的散射辐射剂量率计算公式如下：

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

式中：

\dot{H} ——关注点散射辐射剂量率，μSv/h；

I——X 射线装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA）；

H_0 ——距辐射源点(靶点)1m 处输出量，μSv·m²/(mA·h)，以 mSv·m²/(mA·min) 为单位的值乘以 6×10⁴，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——R₀ 处的辐射野面积，射线装置运行时的最大照射野面积为 400c m²（20cm×20cm）；

a——散射因子，入射辐射被单位面积（1 m²）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

续表 11 环境影响分析

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

项目 DSA 存在透视及采集两种工况，本次评价按照透视常用工况及采集常用工况分别计算介入手术室墙体外周围剂量当量率。DSA 常用透视工况为 60~90kV/5~20mA，常用采集工况为 60~90kV/300~500mA。

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。

预测参数见表 11-3。

表 11-3 核算参数

设备名称	管电压 (kV)	对应管电流 I (mA)	输出量 H_0 $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$	散射面积 F (cm^2)	散射因子 α	散射距离 R_s (m)	关注点距离 R_0
DSA	90	20 (透视) 500 (采集)	3.18×10^5	400	6.83×10^{-6}	0.38	根据设备布置位置确定
管电压		材质	拟合参数				
			α	β	γ		
90kV		铅	3.067	18.83	0.7726		
		混凝土	0.04228	0.1137	0.4690		

(3) 机房外周围剂量当量率核算结果

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

表 11-4 DSA 手术室屏蔽核算结果

墙体名称		射线类型	距离 R(m)	设计厚度	周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)		设计厚度是否满足要求
					透视	采集	
东侧 (污物通道)	墙体	散射	3.75	3.0mmPb 铅板	0.07	1.70	是
	防护门	散射	3.75	3.0mmPb 的铅防护门	0.07	1.70	是

续表 11 环境影响分析

南侧（控制室、医护人员缓冲区）	墙体	散射	5.075	3.0mmPb 铅板	0.04	0.93	是
	观察窗、防护门	散射	5.075	3.0mmPb 的铅玻璃、铅防护门	0.04	0.93	是
北侧（麻醉复苏区）	墙体	散射	5.075	3.0mmPb 铅板	0.04	0.93	是
西侧（医护廊）	墙体	散射	3.975	3.0mmPb 铅板	0.06	1.51	是
	防护门	散射	3.975	3.0mmPb 的铅防护门	0.06	1.51	是
楼上（设备机房）	顶棚	散射	4.5	150mm 混凝土 +3.0mmPb 硫酸钡水泥	8.76×10^{-5}	2.19×10^{-3}	是
楼下（检验科）	地板	散射	4.1	150mm 混凝土 +3.0mmPb 硫酸钡水泥	1.06×10^{-4}	2.64×10^{-3}	是

备注：①1F 层高为 4.8m，2F 层高为 4.5m，3F 层高 4.5m，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，在透视和采集条件下机房屏蔽体外的周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。

11.2.3 剂量估算

(1) 剂量估算公式

工作人员和公众成员受到的 X- γ 射线产生的外照射均年有效剂量按下列公式计算：

$$H_{Er} = H_{(10)} \times t \times 10^{-3} \quad (11-4)$$

其中： H_{Er} ：X 或 γ 射线外照射人均年有效剂量，mSv；

$H_{(10)}$ ：X 或 γ 射线周围剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

t：X 或 γ 射线照射时间，小时。

(2) 剂量估算结果

根据医院提供的资料，医院使用 DSA 进行介入手术治疗的工作负荷约 1000 人次/年；年有效采集曝光时间约为 22.5h，透视曝光时间约 350h。DSA 总年有效曝光时间约 372.5h。

①放射工作人员剂量估算

A. 控制室放射工作人员有效剂量估算

◆ 透视情况下控制室放射工作人员有效剂量估算

项目介入手术室透视模式下控制室最大周围剂量当量率按 $0.04\mu\text{Sv/h}$ 考虑，年透视

续表 11 环境影响分析

出束时间为 350h/a，则控制室的放射工作人员受到的年有效剂量约为 $1.4 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ 。

◆ 采集情况下控制室放射工作人员有效剂量估算

在采集情况下，机房外控制室周围剂量当量率按 $0.93 \mu\text{Sv/h}$ 考虑，年采集出束时间为 22.5h/a，则控制室的放射工作人员（包括控制室内技师和采集时在控制室的手术医生）受到的附加有效剂量约为 $2.1 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ 。

综上所述，项目控制室的放射工作人员（包括控制室内技师和采集时在控制室的手术医生）受到的附加有效剂量最大为 $1.4 \times 10^{-2} \text{mSv/a} + 2.1 \times 10^{-2} \text{mSv/a} = 3.5 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ ，能满足本项目放射工作人员年有效剂量管理目标限值 5mSv/a 和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

B. 手术室医护人员

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

采集工作模式下，医护人员均穿戴个人防护设施（考虑铅当量 0.5mm ），并移至移动铅屏风（考虑铅当量 2mm ）后，以公式 11-1 计算其透射因子，考虑射线与手术医护人员的距离衰减因素（ 2m ），不区分手术人员位置，核算常用电压条件下手术医护人员受照剂量。计算结果见表 11-5 所示。

表 11-5 透视时手术室医护人员最大手术负荷时间表

运行管电压	透射因子		手术人员铅衣内 周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	年出束时 间 (h)	年有效剂量估算 (mSv/a)	
	采集	透视				
90kV	采集	3.68×10^{-5}	27.71	22.5	0.62	4.37
	透视	2.52×10^{-2}	10.06	372.5	3.75	

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

根据上表可知，正常工作模式下，假设本项目机房内手术均由一组手术医生完成，机房医生受到的辐射剂量能满足本项目放射工作人员年有效剂量管理目标限值 5mSv/a 和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。医院拟配置的手术医生的数量能满足 DSA 常用条件下开展介入手术的基本需求。

续表 11 环境影响分析

上述估算是按照透视防护区测试平面上的周围剂量当量率不大 400 μ Sv/h 的基础上计算的，实际手术过程中，手术医生受到的照射剂量与铅悬挂防护屏位置、铅防护用品质量、手术医生的手术熟练度及习惯等相关。因此，介入手术医生实际受到的年有效剂量以个人剂量计监测结果为准，医院应根据最大手术工作时间对手术医生进行工作调配，以确保辐射安全。

另外，医院还应采取以下措施确保辐射安全工作：

(1) 要求从事介入手术人员在实际工作中，正确佩戴个人剂量计，手术室医护人员应在防护铅衣内外各佩戴 1 枚个人剂量计；

(2) 医院定期对个人剂量计进行监测，确保放射工作人员受到的年有效剂量低于医院的年剂量管理目标值。

②公众成员剂量估算

项目用房周围公众成员剂量估算结果如下。

表 11-6 环境保护目标周围剂量当量率预测结果

序号	环境保护目标名称	方位	最近水平距离(m)	预测结果 μ Sv/h		年有效时间 h					年有效剂量 mSv/a
				采集	透视	采集时间	透视时间	居留因子	有效采集时间	有效透视时间	
1	污物通道	东侧	0	1.7	0.07	22.5	350	1/5	4.50	70	1.26×10^{-2}
2	控制室、医护人员缓冲区	南侧	0	0.93	0.04	22.5	350	1	22.5	350	3.49×10^{-2}
	设备间		2	0.93	0.04	22.5	350	1	22.5	350	3.49×10^{-2}
3	其余手术室缓冲区		2	0.93	0.04	22.5	350	1/2	11.25	175	1.75×10^{-2}
	其余手术室、办公室		3.5	0.93	0.04	22.5	350	1	22.5	350	3.49×10^{-2}
4	麻醉复苏区		北侧	0	0.93	0.04	22.5	350	1/2	11.25	175
	污物处理间、其余手术室缓冲区	3.5		0.93	0.04	22.5	350	1/2	11.25	175	1.75×10^{-2}
	其余手术室	5.5		0.93	0.04	22.5	350	1	22.5	350	3.49×10^{-2}
5	医护廊	西侧	0	1.51	0.06	22.5	350	1/5	4.5	70	1.10×10^{-2}

续表 11 环境影响分析

6	无菌库、一次性库房	西南	2.5	1.51	0.06	22.5	350	1/20	1.125	17.5	2.75×10^{-3}
	会议室、麻醉科等		7	1.51	0.06	22.5	350	1	22.5	350	5.50×10^{-2}
	L1#临时住院楼		40	1.51	0.06	22.5	350	1	22.5	350	5.50×10^{-2}
7	1#门诊综合楼的门诊楼	西南	42	0.57	0.02	22.5	350	1	22.5	350	1.98×10^{-2}
8	3~7F	楼上	0	8.76E-05	2.19E-03	22.5	350	1	22.5	350	7.68×10^{-4}
9	-1F~1F	楼下	0	1.06E-04	2.64E-03	22.5	350	1	22.5	350	9.26×10^{-4}

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

根据上表核算，介入手术室周围公众成员受到的年附加有效剂量最大约为 $5.5 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ ，低于医院年剂量管理目标值 0.25mSv/a ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求。

(3) 剂量估算结论

综上所述，根据医院提供的计划手术量，合理分配手术量、放射工作人员正确、有效使用防护用品的前提下，从事介入手术的医生所受到的年有效剂量低于放射工作人员剂量管理目标（ 5mSv/a ），公众成员受到年有效剂量也满足管理目标值 0.25mSv/a ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

11.2.4 环境保护目标受影响情况分析

介入手术室的屏蔽防护能力能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求，各关注点周围剂量当量率满足国家相关标准要求。本项目环境保护目标主要受本项目 DSA 运行时产生的电离辐射（X 射线）影响。根据 X 射线衰减规律，辐射影响与距离的平方进行衰减，即距离辐射源越远，受到的影响越小。根据表 11-6 可知，介入手术室(DSA 机房)外 50m 范围内环境保护目标位置周围剂量当量率均远低于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ，介入手术室外公众成员受到的年有效剂量低于 0.25mSv/a ，介入手术室内介入手术的医生所受到的年有效剂量低于放射工作人员剂量管理目标值 5mSv/a ，对于机房之外的房间等，若考虑各方位墙体等屏蔽作用，则本项目的辐射影响将大大减小。因此，项目所

续表 11 环境影响分析

致周围 50m 范围内环境保护目标的影响甚微,本项目建设对各环境保护目标不会带来不利影响,对环境的影响可以接受。

11.3 其他影响

11.3.1 废气

X 射线与空气作用,可以使气体分子或原子电离、激发,产生臭氧和氮氧化物。臭氧和氮氧化物是一种对人体健康有害的气体,消除有害气体对诊断室的影响,关键在于加强室内通风。本项目介入手术室设计有排风系统,能满足介入手术室通风换气需要。

介入手术室内部天棚吊顶面南侧设置 2 个排风口,手术室内部西侧设置 2 个侧排风口,排风口与侧排风口的废气均经管道引至介入手术室外污物通道处,废气排放口位于手术室东南侧角落,之外为山坡,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,不会对环境带来影响。

11.3.2 废水

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

医院南部污水处理站(废水处理站处理能力为 1800m³/d),接纳整个医院医疗废水。介入手术室劳动定员在三峡医院工作人员调配,介入手术室产生少量废水依托医院废水处理站处理是可行的。

项目产生的废水能得到合理处置,不会对周围环境产生影响。

11.3.3 固体废物

项目工作人员从三峡医院内部调剂,不新增人员,因此生活垃圾量无新增;生活垃圾收集后交环卫部门处理。

三峡公共卫生应急医院拟在介入手术室北侧设有污物暂存间 1 处,建筑面积约 5 m²,暂存医院产生的医疗废物。医院污物、垃圾暂存库内设置感染性废物和损伤性废物收集桶,相应类别的塑料桶旁墙上贴有中文标签,污物、垃圾暂存库大门贴有警示标识;污物、垃圾暂存库为封闭空间,日常不使用时锁闭大门,设专人管理,防止非工作人员接触医疗废物;面积足够暂存医院 2 天内产生的医疗废物;拟设置紫外线消毒装置消毒,拟设置换气扇进行通风换气。

医院已与危废资质单位签订医疗废物处置协议,医疗废物由该单位负责转运、处置

续表 11 环境影响分析

医疗废物。

项目介入手术产生的医疗废物分类收集，在手术室打包整理后暂存在污物暂存间，每天及时转运至污物、垃圾暂存库，并由资质单位转运、处置，措施依托可行。

铅防护用品在使用一定年限后屏蔽能力减弱，不能达到原有使用功能后成为报废铅防护用品。含铅防护用品报废后按有关规定由医院收集、暂存后，交有资质单位处理，并做好相应记录。

项目产生的固体废物均能得到合理的处理，不会对环境产生影响。

11.4 实践正当性分析

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

DSA 在医疗诊断和手术辅助等方面有其他技术无法替代的特点，对保障健康、拯救生命起了十分重要的作用。DSA 在医疗诊断和手术辅助等方面有其他技术无法替代的特点，可实现对血管病灶的精准定位，对拯救生命起了十分重要的作用。项目拟采取的辐射安全与防护措施符合要求，对环境的影响也在可接受范围内。

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

11.5 产业政策符合性

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

11.6 事故风险分析及对策

（1）风险事故类型

续表 11 环境影响分析

X 射线装置产生的最大可信辐射事故主要是人员受到误照射。因 X 射线装置设置有专用机房，机房四周墙体、顶棚、观察窗及防护门均采用固定辐射防护设施，基本不会发生机房屏蔽体损坏而致无关人员受到误照射的事故，即使发生，也能一目了然而不再开机曝光，不会受到误照射。X 射线看不见、摸不着，因此，更多的辐射事故是因为管理等不到位，而导致无关人员受到误照射或者放射工作人员受到超剂量照射。这类辐射事故主要体现在以下几个方面：

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

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

(2) 后果分析

①介入手术室外人员误照射

根据核算，在极端情况下，项目 DSA 透视工况运行管电压为最大管电压，即 125kV，电流自动跟随电压，电流不大于 110mA；在极端情况下，项目 DSA 采集工况运行管电压也为最大管电压，即 125kV，电流自动跟随电压，电流不大于 500mA。DSA 在最大运行参数条件下运行，单台手术时间内手术室外最大剂量估算情况见表 11-7，核算过程见支撑性材料。

表 11-7 手术室外误照射人员所受辐射剂量估算表

位置	事故情景	机房外周围剂量当量率	单台手术最大曝光时间 (min)	有效剂量 (mSv)	总有效剂量 (mSv)	吸收剂量 (mGy)
介入手术室防护门、窗外	最大运行参数条件下运行，人员位于机房外	1.38 μ Sv/h (透视)	21	4.83 $\times 10^{-4}$	6.93 $\times 10^{-4}$	6.93 $\times 10^{-4}$
		6.28 μ Sv/h (采集)	2	2.09 $\times 10^{-4}$		

根据核算可知，在极端风险条件下，项目介入手术室外人员受到的单台手术有效剂量最大约 6.93 $\times 10^{-4}$ mSv。

②介入手术室内人员误照射

因各种原因导致 X 射线装置在运行过程中人员滞留机房内发生误照射辐射事故，按

续表 11 环境影响分析

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，未穿戴防护用品时受到 DSA 照射的时间最大约为 1min（DSA 设备上有急停按钮）的照射，其剂量估算情况见表 11-8。

表 11-8 误照射人员所受辐射剂量估算表

设备	事故情景	受照时间	受照人员所在位置周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	有效剂量 (mSv)	吸收剂量 (mGy)
DSA	采集模式：1m 处发射率 $5.3\text{mGy}\cdot\text{m}^2/\text{mA min}$	10s（发现后使用急停按钮）	3.01×10^6	8.36	8.36
		2min	3.01×10^6	100.27	100.27
	透视模式：1m 处发射率 $5.3\text{mGy}\cdot\text{m}^2/\text{mA min}$	2min（发现后使用急停按钮）	1.2×10^5	4.01	4.01
		21min	1.2×10^5	42.12	42.12

备注：仅考虑散射线， $\text{Sv/Gy}=1$ ，核算过程详见支撑性文件。

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

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

(3) 事故状态可能引起的电离辐射生物效应

电离辐射引起生物效应的作用是一种非常复杂的过程。目前仍不清楚，但是大多数学者认为放射损伤发生是按一定的阶梯进行的。生物基质的电离和激发引起生物分子结构和性质的变化，由分子水平的损伤进一步造成细胞水平、器官水平的损伤，继而出现相应的生化代谢紊乱，并由此产生一系列临床症状。这类效应分为确定性效应和随机性效应，在剂量超过一定的阈值时才能发生的是确定性效应，而随机性效应则不存在阈。

不同照射剂量的损伤估计情况见表 11-9。

表 11-9 不同照射剂量对人体损伤的估计

剂量 (Gy)	类型	初期症状和损伤程度
<0.25	/	不明显和不易察觉的病变
0.25~0.5		可恢复的机能变化，可能有血液学的变化
0.5~1		机能变化，血液变化，但不伴有临床症状

续表 11 环境影响分析

1~2 2~3.5 3.5~5.5 5.5~10	骨髓型 急性 放射病	轻度 中度 重度 极重度	乏力, 不适, 食欲减退 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		频繁呕吐, 腹泻, 休克, 共济失调, 肌张力增高, 震颤, 抽搐, 昏睡, 定向和判断力减退

备注: 来自《急性外照射放射病的诊断标准》(GBZ104-2017)和《辐射防护导论》P33。

根据上述后果分析可知, 两种事故情景导致公众成员在机房内或机房外单次误照射所受到辐射剂量可能会发生不明显和不易察觉的病变等情况。事故后果不会造成确定性效应, 但会增加随机性效应的概率。全年多次误照射的情况基本不存在。

(4) 风险事故防范措施分析

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

①撤离介入手术室时应清点人数, 确认没有无关人员停留在介入手术室后才开始操作。此外, 在设备及控制台设置有紧急停机按钮, 可避免此类事故的发生。在介入手术室内应设置此按钮醒目的指示和说明, 便于在紧急情况下使用。

②手术医生在开展手术时, 需要进行机房内透视曝光时, 应由熟练医生正确穿戴防护用品熟练完成。

③放射工作人员须加强专业知识学习, 加强防护知识培训, 避免犯常识性错误; 加强职业道德修养, 增强责任感, 严格遵守操作规程和规章制度; 管理人员应强化管理, 保证按照介入手术室管理要求开展手术。

④医院应定期做好设备稳定性检测和质控检测, 加强设备维护, 使设备始终保持在最佳状态下工作, 尽可能避免最不利条件运行的风险事故发生。

⑤培植放射工作人员的安全文化素养, 提高放射工作人员个人防护意识, 在开展介入手术时正确使用防护用品, 佩戴个人剂量计, 放射工作人员定期参加辐射安全与防护知识的培训。防护用品不使用时, 采用悬挂或平铺方式妥善存放, 防止断裂。

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。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

(1) 辐射安全与环境保护管理机构

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防护管理工作领导小组，或至少有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。

从三峡医院目前配置的辐射领导小组人员学历构成看，绝大部分为本科学历，有一定的管理的能力。本项目开展后，目前医院的管理人员也能满足配置要求。

(2) 放射工作人员配置

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

本项目劳动定员12人，其中手术医生6人，技师3人，护士3人，均在三峡医院现有劳动定员中调配。现有放射工作人员均进行了辐射安全与防护培训并取得了培训合格证/成绩合格单，也按要求进行了健康体检和个人剂量监测。

12.2 辐射安全管理规章制度、档案

(1) 辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条规定：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：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

续表 12 辐射安全管理

度、人员培训计划、监测方案等。

目前，建设单位已制定了《放射工作人员职业健康防护管理制度》、《放射设备防护性能检测制度与措施》、《放射性药品采购、使用登记制度》、《放射性药品贮存管理制度》、《放射性药物管理规定》、《辐射安全管理责任制度》、《辐射安全培训制度》、《辐射工作安全防护管理制度》、《辐射环境监测制度》、《个人剂量管理制度》、《核医学的辐射安全与防护》、《核医学科安全管理制度》、《核医学科工作制度》、《医用放射性废物管理制度》、《辐射事故应急预案》等辐射防护管理制度。医院现有制度基本健全，具有一定的可操作性，医院在此之前一直按照各项管理制度执行，到目前为止未曾发生过放射事故。医院还应完善年度评估制度、放射工作人员培训计划、设备维护保养制度及辐射事故应急预案等辐射安全管理制度，进一步补充、完善环境影响评价提出的防护措施和管理制度后，医院能满足辐射环境管理要求。

(2) 档案管理

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第二十三条规定：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当安排专人负责个人剂量监测管理，建立放射工作人员个人剂量档案。个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。个人剂量档案应当保存至放射工作人员年满七十五周岁，或者停止辐射工作三十年。

本项目放射工作人员到位后，应认真落实相关制度，将放射工作人员的健康体检报告、个人剂量监测报告、辐射安全培训合格证等建立档案保存。档案信息和保存等按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》规定执行。

辐射安全与防护管理档案资料分以下九大类：“制度文件”、“环评资料”、“许可证资料”、“射线装置台账”、“监测和检查记录”、“个人剂量档案”、“培训档案”、“年度评估”、“辐射应急资料”。医院应根据自身辐射项目开展的实际情况将档案资料整理后分类管理。

(3) 年度评估

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

续表 12 辐射安全管理

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。

三峡医院 2020 年提交过年度评估报告，三峡医院建立并落实了年度评估等制度，于每年 1 月 31 日前通过全国核技术利用辐射安全申报系统向发证机关提交年度评估报告。年度评估报告包括医用 X 射线装置台账、放射性同位素台账、辐射安全和防护设施的运行与维护、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、事故和应急以及档案管理等方面的内容。

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。核安全文化表现在核技术利用单位的相关领导与员工及最高管理者具备核安全文化素养及基本的放射防护与安全知识。医院建立了安全管理体系，明确核技术利用单位各层次人员的职责、不断识别企业内部核安全文化的弱化处并加以纠正。将核安全文化的建设贯彻在核技术利用项目的各个环节，确保项目的辐射安全。

具体操作参考如下：

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

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

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》，医院从事本项目辐射活动能力评价见下表 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Ⅱ类射线装置的工作单位，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作	本项目使用Ⅱ类射线装置，三峡医院成立了辐射防护管理工作领导小组，并指定专人负责辐射安全与环境保护管理工作，管理人员学历满足本科以上的要求
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	三峡医院已建立人员培训计划，新上岗辐射工作人员按照规定通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核，持证上

续表 12 辐射安全管理

	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，同时本项目拟设置门灯联锁装置，工作状态指示灯亮，门口显眼位置设置电离辐射警示标识和警示语
有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、射线置装使用登记制度、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、射线置装使用登记制度、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	医院为现有放射工作人员配备了个人剂量计，并配备一定数量的辐射防护用品供放射工作人员和病员使用。介入中心拟按计划补充。
有完善的辐射事故应急措施	已制定辐射事故应急预案

根据上表可知，本项目尚未建设，但三峡医院已有其他射线装置运行，医院已建立有相应的管理体系，因此本项目的管理工作依托现有的管理体系，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的能力，本项目方可投入正式运行。

12.5 辐射环境监测

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

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放射工作人员个人剂量进行监测，满足相关要求。

本项目建成后，定期对介入手术室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

对放射工作人员进行个人照射累积剂量监测。要求放射工作人员在工作时必须佩戴个人剂量计，并将个人剂量结果存入档案。个人剂量监测应由具有个人剂量监测资质的单位进行。

监测频率：3 个月测读一次个人剂量计；如发现异常可加密监测频率。

续表 12 辐射安全管理

(2) 工作场所环境监测

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

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

监测项目：周围剂量当量率；

监测点位：机房四周墙体、门、窗外 30cm 处；顶棚上方（楼上）距离顶棚地面 100cm，机房地面下方（楼下）距楼下地面 170cm 等关注点位，通风管道及其他穿墙管线、门缝等搭接薄弱位置；重点关注穿墙管线、门缝等搭接薄弱位置。

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。

医院目前已制定了辐射安全事件应急预案，预案内容包括应急领导小组、应急处置措施、辐射事故报告电话及流程，应完善应急能力的培训、演练和应急响应能力的保持等内容。

(2) 辐射事故应急处置措施

一旦发生辐射事故，放射工作人员立即停机，并立即向上级部门报告，并根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》在事故发生后 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向市、区生态环境部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

①一旦发生辐射事故，立即按下应急开关按钮或直接停机断电，撤出机房内人员。

②事故状态下，确需工作人员进入机房关机的，工作人员应佩戴防护用品及个人剂量计。

③应尽可能记录现场有关情况，对工作人员可能受到的事故照射剂量，可针对事故实际情况进行评估，并对工作人员进行健康检查和跟踪，按照国家有关放射卫生防护标准和规范以及相关程序，评估事故对工作人员健康的影响。

续表 12 辐射安全管理

④派专人对事故进行调查，查明事故原因。

⑤事故处理后必须组织有关人员进行讨论，分析事故发生的原因，从中吸取经验和教训，采取措施防止类似事故再次发生。

12.7 竣工验收

根据《建设项目环境保护管理条例》，工程建设执行污染治理设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的“三同时”制度。医院应按规定组织自主验收，编制验收报告。本项目竣工环境保护验收一览表见表 12-2。

表 12-2 竣工环境保护验收要求一览表

序号	验收内容	验收要求	备注
1	环保文件	环评报告、环评批复、验收监测报告等齐全	/
2	剂量控制	放射工作人员年有效剂量<5mSv 机房外公众成员年有效剂量<0.25mSv	GB18871-2002、 GBZ130-2020 及医 院管理要求
3	人员要求	按照要求组织放射工作人员进行培训，考核合格后上岗，按 要求定期参加复训和考试。	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	介入手术室四周墙体外 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，周围剂量当量率不大于 2.5μSv/h。	GBZ130-2020
5	建设内容	1 台 DSA（II类射线装置）	/
6	机房面积	机房内最小有效使用面积不低于 20m ² ，最小单边长度不小 于 3.5m	GBZ130-2020
7	防护用品	每名介入手术医护人员在铅防护衣内外各佩戴 1 枚个人剂量计 按表 10-3 执行，具体为：DSA 介入手术分体铅衣医用、X 射线防护铅围脖、医 用 X 射线防护铅短裤、医用 X 射线防护圆帽（6 套）；铅悬挂防护屏/铅防护吊 帘、床侧防护帘/床侧防护屏、移动铅防护屏风（1 套；铅橡胶性腺防护围裙（方 形）或方巾、铅橡胶颈套各 1 套（成人和儿童各一套）。	
8	辐射安全防护措施	①介入手术室各进出防护门设置门灯连锁系统，防护门外上方拟设置醒目的工作 状态指示灯，灯箱上设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句，在防护门关 闭时，指示灯亮，警示无关人员远离该区域。 ②介入手术室各防护门外均设置电离辐射警告标志，提醒周围人员尽量远离该区 域，同时在家属等候区墙上设置放射防护注意事项告知栏。 ③制度上墙（操作规程、人员岗位职责、应急程序等）。	

续表 12 辐射安全管理

		<p>④机房设置机械通风系统，保持良好通风，机房内不得堆放无关杂物。</p> <p>⑤设备上自带急停开关；控制台设置急停开关；控制室与机房设对讲装置；防护用品与辅助防护设施齐全。</p> <p>⑥机房四周墙体、顶棚、防护门、观察窗有足够的屏蔽防护能力，穿墙管线不得影响屏蔽防护效果。</p>
--	--	---

表 13 结论及建议

13.1 项目概况

本项目位于重庆市万州区天城镇万河村 2 组(高铁片区)三峡公共卫生应急医院 1# 门诊综合楼的医技、住院楼的 2 楼，三峡医院拟在“三峡公共卫生应急医院项目”中新建的 1#门诊综合楼的医技、住院楼的 2 楼北部区域东侧预留的介入手术室及相关配套用房，配置 1 台数字减影血管造影 X 射线装置（以下简称“DSA”），开展血管造影介入手术工作。总投资约 1050 万元，其中环保投资约 60 万元。

13.2 实践正当性

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

13.3 产业政策符合性

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

13.4 辐射环境现状

本项目项目所在位置环境 γ 辐射剂量率的监测值在 44nGy/h~72nGy/h 之间（未扣除宇宙射线），根据《2020 年重庆市生态环境质量公报》，重庆市 2020 年环境地表 γ 空气吸收剂量率平均值为 95.9nGy/h（未扣除宇宙射线的响应值）。两者相比，拟建址场址 γ 辐射剂量率无明显变化。

13.5 选址及布局合理性

（1）选址可行性

本项目所在区域为三峡公共卫生应急医院的手术区域，DSA 也属于手术，可以依托其他手术室辅助用房和设施；介入手术室位于建筑东侧边沿，东侧为山坡且公众不可到达；手术室区域周边人员较少，另外，项目医护人员通道、病人通道、污物通道分离，便于人员和物品出入。医院考虑了保守的防护方案，对周围环境影响甚微。此外，根据现状监测结果，场址的辐射环境质量状况良好，有利于项目的建设。因此，从辐射环境保护角度分析，项目选址可行。

（2）布局合理性

本项目所在的介入手术室位于 1#门诊综合楼的医技、住院楼的 2 楼北部区域的东

续表 13 结论及建议

侧，项目用房包括介入手术室、控制室、设备间、医护人员缓冲区等。项目所在区域除医生等工作人员和病人（特殊情况下有家属陪同）可以进出外，介入手术室位置相对独立，一般公众活动较少，远离人流聚集区域，有利于辐射防护。介入手术室属于独立的手术间，设置 3 个防护门，分别用于工作人员、病人进出和污物运出。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，平面布局合理。

13.6 辐射防护安全措施

（1）辐射工作场所分区管理

医院根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求，将辐射工作场所划分为控制区和监督区，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

本项目机房有效使用面积满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中单管头 X 射线设备(含 C 形臂，乳腺 CBCT)机房有效使用面积和最小单边长度的要求。项目机房四周墙体、顶棚、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）安全联锁装置及其他措施

使用具有多种固有安全防护措施并符合相关标准要求的 DSA，机房配置 1 套铅悬挂防护屏、铅防护帘、床侧防护帘、床侧防护屏等辅助防护设施；按有关标准要求配备介入手术工作人员防护用品 6 套，患者防护用品 2 套（成人、儿童各一套）；主项目介入手术室均拟采取机械排风系统进行通风换气，机房内拟设置 2 个排风口，2 个侧排风口，废气排放口位于手术室东南侧角落；机房病人进出口防护门上设置电离辐射警告标志，醒目的工作状态指示灯，设置门灯联锁装置；其它铅防护门均设置电离辐射警告标志。介入手术室医护人员应在铅衣内外各佩戴 1 枚个人剂量计，合理分配工作量。

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

续表 13 结论及建议

13.7 环境影响分析

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

(2) 剂量估算：根据医院提供的计划手术量，通过核算，在项目在合理配置介入手术医生情况下，项目 DSA 介入手术相关医务人员所受到的年有效剂量均低于放射工作人员剂量管理目标（ 5mSv/a ），项目所致公众成员的附加年有效剂量亦低于剂量管理目标（ 0.25mSv/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，机房外周围剂量当量率满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。

(4) “三废”影响：DSA 运行中 X 射线与空气电离，产生少量的臭氧和氮氧化物，本项目采用机械排风，可保持机房良好的通风。项目放射工作人员等产生的废水依托医院现有废水处理站处理，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，按有关规定由医院收集、妥善保存并做好相应记录、再交有资质单位处置。项目各污染物均能得到有效处理。

(5) 事故风险：通过落实撤离介入手术室时应清点人数、在设备上及控制台设置有紧急停机按钮、加强医院管理、合理设置防护门、放射工作人员须加强专业知识学习、加强防护知识培训、加强职业道德修养、严格遵守操作规程和规章制度、定期做好设备稳定性检测和质控检测、加强设备维护、使设备始终保持在最佳状态下工作、正确使用防护用品，佩戴个人剂量计，放射工作人员定期参加辐射安全与防护知识的培训等措施后，本项目风险可控。

13.8 辐射环境管理

三峡医院成立了辐射安全与环保管理领导小组，制定了一些射线装置辐射环境管理相关制度，三峡医院还应针对本项目介入中心工作场所的特点，修订现有辐射安全管理制度，制定详实、可操作性强的 DSA 操作规程、介入手术室人员岗位职责、介入手术室辐射安全管理制度等。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。

续表 13 结论及建议

综上所述，重庆大学附属三峡医院建设的“三峡公共卫生应急医院项目（DSA 部分）”符合国家产业政策，具有实践的正当性，选址可行，布局合理，在完善相应的污染防治措施和管理措施后，项目运行时对周围环境和人员产生的影响满足环境保护的要求。在严格落实各项辐射安全与防护措施后，项目运行对环境及周围公众的影响可接受。因此，从环境保护的角度来看，该项目的建设是可行的。

附图

- 附图 1 地理位置图
- 附图 2 总平面布置图
- 附图 3 门诊楼 1 层平面布置图
- 附图 4 门诊楼 2 层平面布置图
- 附图 5 门诊楼 3 层平面布置图
- 附图 6 介入手术室平立面图
- 附图 7 介入手术室通风图
- 附图 8 现状照片

附件

- 附件 1 环境影响评价委托书
- 附件 2 三峡应急医院可研批复
- 附件 3 三峡公共卫生应急医院项目环评批复
- 附件 4 辐射环境本底监测报告
- 附件 5 辐射安全许可证
- 附件 6 三峡医院现有辐射环境管理制度
- 附件 7 屏蔽防护计算