

核技术利用建设项目
城口县人民医院住院综合楼建设工程
(辐射部分)
环境影响报告表

建设单位：城口县人民医院

环评单位：重庆市辐射技术服务中心有限公司

2022年7月

生态环境部监制

目 录

表 1	项目基本情况	1
表 2	放射源	9
表 3	非密封放射性物质	9
表 4	射线装置	10
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）	10
表 6	评价依据	11
表 7	保护目标与评价标准	13
表 8	环境质量和辐射现状	18
表 9	项目工程分析与源项	21
表 10	辐射安全与防护	28
表 11	环境影响分析	37
表 12	辐射安全管理	52
表 13	结论及建议	60

表 1 项目基本情况

建设项目名称		城口县人民医院住院综合楼建设工程（辐射部分）			
建设单位		城口县人民医院			
法人代表	廖天湖	联系人	邓小琴	联系电话	13*****55
注册地址		重庆市城口县葛城街道文化路 14 号			
项目建设地点		重庆市城口县葛城街道文化路 14 号门诊住院综合楼-2F			
立项审批部门		重庆市城口县发展和改革委员会	批准文号	城发改委文[2011]437 号	
建设项目总投资（万元）	2500	项目环保投资（万元）	50	投资比例（环保投资/总投资）	2%
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			
	<p>1.1 建设单位概况</p> <p>城口县人民医院建于 1974 年 11 月，是一所二级甲等综合医院，是全县交通事故快速抢救“绿色救助”唯一定点医院及“120”急救指挥中心；是城镇职工和居民医疗保险、工伤保险、新型农村合作医疗的定点医疗机构；是法定体检和常规体检机构；承担司法鉴定和全县中心血库工作。城口县人民医院曾先后被上级有关部门命名为县级“物价计量信得过单位”、“安全生产先进单位”、“最佳文明单位”、“综合治理先进单位”、“双优先进集体”、“先进党支部”、“全国群众体育先进集体”、分别获得市县级科学发展观活动先进单位等。</p> <p>城口县人民医院设有创伤、骨科、肝胆、普外、神外、泌尿、妇产科、心血管、呼吸、儿科、消化、肝病、糖尿病、神内、眼、耳鼻喉科、口腔科、皮肤科、中医科、理疗科等专业。</p>				

城口县人民医院总占地面积约 18.4 亩，主要建筑包括 1 栋门诊住院综合楼、1 栋在建住院综合楼、1 栋老门诊楼以及 1 栋职工商住楼。其中门诊住院综合楼于 2012 年编制完成了《城口县人民医院住院综合楼项目环境影响评价报告书》，并于 2012 年 1 月得了《重庆市建设项目环境影响评价文件批准书》（渝（城口）环准[2012]01 号）。城口县人民医院住院综合楼项目主要建设内容包括住院综合楼（现门诊住院综合楼）房屋建筑、水电装饰等设施建设、环境工程、绿化工程。

1.2 任务由来

数字减影血管造影 X 射线机（以下简称“DSA”）应用于介入手术，对疾病的诊断和手术辅助方面有其他技术无法替代的特点，对保证健康、拯救生命可以起到十分重要的作用。因此，城口县人民医院在重庆市城口县葛城街道文化路 14 号门诊住院综合楼 -2F 建设“城口县人民医院住院综合楼建设项目（辐射部分）”，该项目包括建设介入手术中心，并配置 1 台 DSA 开展介入手术工作。

根据环境保护部和国家卫生和计划生育委员会发布的《关于发布〈射线装置分类〉的公告》（公告 2017 年第 66 号）可知，数字减影血管造影 X 射线装置为 II 类射线装置。因此，项目配置的 DSA 确定为 II 类射线装置。

为保护环境、保障工作人员和公众成员的健康，根据《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》等相关要求，需进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录 2021 年版》（生态环境部令第 16 号）的要求，项目属于其中的“五十五 核与辐射 172 核技术利用建设项目”使用 II 类射线装置，应编制环境影响报告表。为此，城口县人民医院委托重庆市辐射技术服务中心有限公司开展该项目的环境影响评价工作。

根据现场勘查可知，介入手术中心已建设完成，数字减影血管造影 X 射线装置以及环保设施均已安装到位并正常运行。因此，介入手术中心的建设违反了《中华人民共和国环境影响评价法》第二十五条规定。城口县生态环境局依据《中华人民共和国行政处罚法》第二十八条规定责令城口县人民医院立即改正违法行为。城口县人民医院遵照《责令改正违法行为决定书》（城环责改字〔2022〕06 号）、《免于行政处罚决定书》（城环不罚〔2022〕3 号）的要求，停止使用数字减影血管造影 X 射线机，并按积极办理

相关环保手续。处罚相关文件见附件 2。

重庆市辐射技术服务中心有限公司接受委托后，组织专业技术人员到现场进行调查、踏勘和资料收集，结合项目特点、性质、规模和环境状况，并按照《辐射环境管理导则 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《城口县人民医院住院综合楼建设工程（辐射部分）环境影响报告表》。

1.3 项目概况

介入手术中心所与门诊住院综合楼同步建设。根据现场勘查可知，介入手术中心已建设完成。因此，项目不考虑施工期对周围环境的影响，主要考虑运营期对周围辐射环境的影响。

1.3.1 项目建设内容

项目名称：城口县人民医院住院综合楼建设工程（辐射部分）

建设单位：城口县人民医院

建设地址：重庆市城口县葛城街道文化路 14 号门诊住院综合楼-2F

建设性质：新建

建设内容及规模：医院在门诊住院综合楼-2F 建设介入手术中心（介入手术室、控制走廊、准备室、更衣换鞋区、前室、设备间、污物间等），并配置 1 台 DSA（II 类射线装置）开展介入手术工作。项目总建筑面积约 204.8m²，总投资约 2500 万元，环保投资约 50 万元。

建设进度：介入手术中心与门诊住院综合楼一起建设，总施工期为 2 年。目前，介入手术中心已建成，DSA 设备已安装完毕，待完善相关环保手续后即可开展介入手术。

项目组成情况见下表 1-1。

表 1-1 项目组成一览表

分类	项目	具体内容	备注
主体工程	介入手术室	介入手术中心位于门诊住院综合楼-2F 西部，内设 1 间介入手术室，介入手术室最小内空几何尺寸 7.39m×8.05m×4.8m（长×宽×高），有效使用面积约 59.49m ² ，介入手术室吊顶后净空高度为 4.0m。	已建
	设备	在介入手术室内配置 1 台数字减影血管造影 X 射线装置，II 类射线装置，设备型号：Trinias；X 射线能量：最大管电压为 150kV，最大管电流 1250mA。	已配置

续表 1-1 项目组成一览表

分类	项目	具体内容	备注
辅助工程		介入手术中心布置更衣换鞋处、控制走廊、设备室、准备室、污物间等辅助用房，建筑面积约 135m ² 。	已建
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
	供电	由市政电网供电，依托院内供配电系统。	依托
	通风	介入手术室采用强制通风系统。	依托
环保工程	废水处理措施	依托医院已建污水处理站处理，达标后通过市政管网最终排入城口县城市污水处理厂进一步处理。	依托
	废气处理措施	介入手术室依托门诊住院综合楼的中央空调系统进行通风换气，DSA 运行产生的废气经管道收集后引至门诊住院综合楼 14F 楼顶排放。	依托
	固废处置措施	项目运行产生的废物依托医院的收运系统收集运输。 生活垃圾交市政环卫部门处理。医院的医疗废物暂存间位于门诊住院综合楼-2F 西南角，建筑面积约 21.2m ² ；手术过程中产生的废物整理打包后运至医疗废物暂存间内暂存，再统一交有医疗废物处置资质的单位处理。废铅防护用品按有关规定由医院收集、妥善保管，做好相应记录，交有资质单位处理。	依托
	辐射防护	采用足够厚度的实心砖墙、混凝土、铅玻璃、含铅防护门、硫酸钡、铅皮等作为介入手术室的屏蔽防护体，保证屏蔽体外周围剂量当量率满足标准限值要求。	已建
介入手术室按相关标准要求设置了门灯联锁、警示标识、对讲系统、自动闭门装置等，保证 DSA 运行安全。		已建	

1.3.2 辐射防护建设方案

项目介入手术室辐射防护建设方案见表 1-2。

表 1-2 介入手术室辐射防护方案表

用房名称	房间有效尺寸	防护方案
介入手术室 (DSA 机房)	有效长×宽：7.39m×8.05m 有效面积约 59.49m ²	四周墙体：240mm 页岩砖+20mm 硫酸钡水泥 顶棚：200mm 混凝土 地板：200mm 混凝土 防护门：3mmPb 观察窗：3mmPb

备注：屏蔽材质的密度分别为：混凝土（砼）2.35g/cm³，铅 11.3g/cm³，页岩砖 1.65g/cm³，硫酸钡水泥 3.2g/cm³。

1.3.3 设备配置

项目主要配套设施设备见表 1-3。

表 1-3 项目主要配套设施设备配置表

序号	名称	数量	用途	位置	备注
1	DSA (150kV, 1250mA)	1 台	介入手术	介入手术室内	单管头, II 类射线装置
2	电源柜	1 套	DSA 配电	介入手术室设备间	DSA 配套设备
3	高压发生柜	1 套	DSA 高压装置	介入手术室设备间	
4	系统控制柜	1 套	设备控制和数据传输	介入手术室设备间	
5	控制系统	1 套	DSA 设备操作	控制室	
6	中心供氧装置	1 套	患者供氧	介入手术室内	
7	除颤仪	1 台	手术配套用	介入手术室内	
8	高压注射器	1 台	手术配套用	介入手术室内	
9	吸痰器	1 台	手术配套用	介入手术室内	
10	电生理仪	1 台	手术配套用	介入手术室内	
11	中心负压吸引	1 套	手术配套用	介入手术室内	
12	主动脉球囊反搏器	1 台	心脏手术辅助	介入手术室内	
13	移动铅屏风	1 架	辐射防护	介入手术室内	/
14	空气消毒机	1 架	空气净化	介入手术室内	/
15	暖通系统	1 套	机房内温湿度调节	介入手术室内	/

1.3.4 劳动定员和工作制度

项目拟配备介入手术室专职技师 2 名、护士 2 名、介入手术医生 4 人。项目工作人员从医院劳动定员中调配和培养。因此,项目不增加医院的总劳动定员。

放射工作人员年工作 250 天,实行轮休制。

1.3.5 工作负荷

根据医院提供的资料,本项目介入手术室预计年开展介入手术约 800 台,包括心脏介入手术、神经介入手术和综合介入手术。

1.4 项目大楼外环境概况

根据医院总体布局可知,项目所在的门诊住院综合楼(-3F/14F)东侧约 33m 为在建住院综合楼(-2F/9F);南侧约 15m 为医院职工商住楼(-4F/8F),之外约 44m 为任河街沿街商住楼(2~7F);西侧约 27m 为名豪百年商业文化广场商住楼(-3F/28F),北侧紧邻名豪百年商业文化广场商业楼(-5F/0F),之外约 13m 为城口县实验小学运动场,东北侧约 20m 为老门急诊楼(7F)。

门诊住院综合楼周围环境关系见表 1-4。

表 1-4 门诊住院综合楼周围外环境关系一览表

序号	名称	方位	最近距离 (m)	高差 (m)	环境特征
1	住院综合楼	东侧	约 33m	0	医院用房, -2F/9F
2	医院职工商住楼	南侧	约 15m	0	底商朝外, -4F/8F
	任河街沿街商住楼		约 44m	-10	院外商住楼, 2~7F
3	名豪百年商业文化广场商住楼	西侧	约 27m	0	3 栋商住楼, -3F/28F
4	名豪百年商业文化广场商业楼	北侧	紧邻	0	商业楼, -5F/0F
	城口县实验小学运动场		约 13m	0	小学活动场地, 约 500 人
5	老门急诊楼	东北侧	约 20m	0	医院用房, 7F

注: ①上述距离为门诊住院综合楼边界至各区域的距离, 非项目控制区距环境保护目标处的距离;
②“-”表示其地面一层低于项目所在楼地面一层的位置

项目周边保护目标主要为该医院从事项目放射诊疗的放射工作人员以及周围活动的公众成员。

1.5 选址可行性

介入手术中心位于门诊住院综合楼-2F 西部, 该楼层仅布置放射诊断中心、介入手术中心以及设备用房、车库, 人流相对较少, 对公众的辐射影响小。此外, 根据现状监测结果可知, 项目所在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。

1.6 与项目有关的环境保护问题

1.6.1 项目用房的环保手续情况

项目位于门诊住院综合楼-2F。门诊住院综合楼于 2012 年编制完成了《城口县人民医院住院综合楼项目环境影响评价报告书》, 并于 2012 年 1 月取得了《重庆市建设项目环境影响评价文件批准书》(渝(城口)环准[2012]01 号)。2021 年门诊住院综合楼建成投运, 目前正在开展自主竣工环境保护验收。门诊住院综合楼施工和运行过程中医院和重庆市城口县生态环境局、重庆市生态环境局均未收到环保投诉。

1.6.2 现有核技术利用情况及现有辐射环境问题

(1) 医院现有核技术利用项目及辐射安全许可情况

①辐射安全许可情况

医院已取得《辐射安全许可证》, 证号为: 渝环辐证[34001]号, 有效期: 2025 年 04 月 8 日, 许可种类和范围为: 使用 III 类射线装置。根据调查, 医院目前已许可了 2

台医用 X 射线装置（Ⅲ类射线装置），情况如下。

表 1-5 医院已许可的射线装置情况一览表

序号	射线装置	规格型号	类别	数量	位置	备注
1	CT	NwVizi6 plutirue	Ⅲ类	1 台	城口县人民医院影像 科一楼 2 号：CT 室	已上证
2	医用诊断 X 射线装置（DR）	451P	Ⅲ类	1 台	城口县人民医院影像 科一楼 DR 室：DR 室	已上证

②核技术利用情况

根据调查，医院现已配置了 7 台Ⅲ类射线装置和 1 台Ⅱ类射线装置，其中 2 台Ⅲ类射线装置（CT、DR）已在辐射安全许可范围内，但已从影像科（门急住院综合楼）1F 搬迁至门急住院综合楼 -2F，并完成了建设项目环境影响登记表备案（202250022900000051），正在办理辐射安全许可证；5 台Ⅲ类射线装置（CT、DR、移动 DR、口腔 CBCT、移动 C 臂机各 1 台）已完成建设项目环境影响登记表备案（202250022900000044），正在办理辐射安全许可证；Ⅱ类射线装置（DSA）为本次评价内容。

（2）辐射管理情况

根据调查，医院现有放射工作人员 23 人，均为放射科工作人员。医院放射工作人员均参加了辐射安全与防护培训，并考核合格后上岗，并均在有效期内。

根据调查，医院所有放射工作人员均佩戴了个人剂量计，每 3 个月将个人剂量计交有资质单位进行检测，并建立了个人健康档案。医院放射工作人员 2021 年度的个人剂量监测结果均未超过医院的年有效剂量管理目标值 5mSv/a。

医院所有放射工作人员均进行了职业健康体检，并 2 年内进行复检。目前在岗放射工作人员均无体检异常，无疑似职业病人员。

医院按照要求每年对现有核技术利用项目进行监测，根据医院提供的资料，各放射工作场所监测结果满足相关评价标准要求。

医院成立有辐射环境管理机构，制定了相应的管理制度和应急预案，并张贴上墙。

（3）小结

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

积极完善 DSA 的相关环保手续。

1.6.3 项目与医院整体的依托关系

项目用房作为医院门诊住院综合楼设计时即考虑的工作区域，主要依托门诊住院综合楼主体结构、给排水及供配电工程、污水处理站、医疗废物收运系统等，依托可行性分析详见表 1-6。

表 1-6 项目依托可行性分析表

依托工程		可行性分析
主体工程		项目位于医院门诊住院大楼内，项目用房区域与大楼主体一起设计一起施工，设计时已综合考虑了项目的总体布局和结构承重等。因此，项目主体建筑依托可行。
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处理后排入市政污水管网。项目位于医院门诊住院综合楼内，能接入医院的排污管网中。因此，项目依托医院总体排水管网排水可行。
	供配电	医院用电由市政电网引入，同时医院配置应急电源柴油发电机，解决停电时临时需要。项目位于医院门诊住院综合楼内。因此，项目依托医院供电系统可行。
环保工程	废水	项目所在的医院门诊住院综合楼在污水处理站的纳入范围内，且项目的建设不新增劳动定员、门诊等人数。因此，医院现有污水处理站（处理能力 300m ³ /d）能够满足对本项目废水的处理需求。因此，项目废水依托医院污水处理站处理可行。
	固废	医院的医疗废物暂存间位于门诊住院综合楼-2F，建筑面积约 21.2m ² 。医疗废物暂存间按《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）进行防渗、防腐、硬化处理。医院危险废物已委托重庆市万州区森浩污染物处理有限公司进行处理。医疗废物暂存间设计时就考虑了项目所在楼（包含本项目）的所有医疗废物暂存量。因此，项目依托可行。
辐射安全管理		医院成立了辐射管理机构，并制定了相应的辐射安全管理制度，能满足项目管理的基本要求。因此，项目辐射安全管理依托可行。

1.6.4 项目与医院的发展衔接性

医院配置 DSA 开展介入手术治疗，能促进医院心血管、神经学科的发展。因此，项目建设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 射线机 (DSA)	II 类	1 台	Trinias 型	150	1250	介入手术	门诊住院综合楼-2F 介入手术室	已购

(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 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
本项目无放射性废弃物产生。								

注：1、常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/l，固态为 mg/kg，气态为 mg/m³；年排放总量用 kg。

2、含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度 (Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m³) 和活度 (Bq)。

表 6 评价依据

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日修订实施；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日修订实施；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日施行；</p> <p>(4) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2020 年 9 月 1 日修订实施；</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》，中华人民共和国国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日修订实施；</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，2010 年 12 月 29 日修订实施；</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》（2021 年版），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 日修订实施；</p> <p>(14) 《重庆市辐射污染防治办法》，重庆市人民政府令第 338 号，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</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) 《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》 (WS76-2020) ;</p> <p>(7) 《职业性外照射急性放射病诊断》 (GBZ104-2017) ;</p> <p>(8) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》 (HJ1157-2021) ;</p> <p>(9) 《医疗废物处理处置污染控制标准》 (GB39707-2020) ;</p> <p>(10) 《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>其他</p>	<p>(1) 评价内容确认函, 附件 1;</p> <p>(2) 立项文件, 附件 2;</p> <p>(3) 处罚文件, 附件 3;</p> <p>(3) 门诊住院综合楼环评批准书, 附件 4;</p> <p>(4) 医院《辐射安全许可证》, 附件 5;</p> <p>(5) 《监测报告》 (渝辐 (监) [2022]76 号), 附件 6;</p> <p>(6) NCRP147 号报告《Structural shielding Design for Medical X-ray Imaging Facilities》 ;</p> <p>(7) 《辐射防护导论》 ;</p> <p>(8) 医院设计资料及其他资料。</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，并结合该项目射线装置为能量流污染的特征，根据能量流的传播与距离相关的特性，确定以该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

(1) 项目所在楼整体介绍

项目位于医院门诊住院综合楼内，所在门诊住院综合楼由裙楼和塔楼组成，布置方向为南裙北塔，其中裙楼-3F/4F，北侧的塔楼-3F/14F。

(2) 项目介入手术室周围环境概况及环境保护目标

项目介入手术室位于门诊住院综合楼-2F西部。介入手术室东侧紧邻前室、设备室、污物间等，之外约5m为放射诊断中心、库房、车库；南侧为配电房、车库，之外约19m为医院职工商住楼，约48m为任河街沿街商业楼；西侧紧邻准备室、控制廊，之外约37m为名豪百年商业文化广场商住楼；北侧紧邻核磁共振室及控制室、设备间、更衣间，之外约10m为阅片室、值班室等，约25m为名豪百年商业文化广场商业楼；楼上为医院门诊大厅；楼下为食堂。

项目介入手术室（机房）周围50m评价范围内环境敏感目标统计情况见表7-1。

表7-1 介入手术室周围环境敏感目标表

序号	环境保护目标	方向	最小水平距离	最小高差	环境保护目标特性	影响人群	影响因素
1	缓冲间、设备室、污物间等	东侧	紧邻	同层	项目配套用房，约 4 人	公众成员	电离辐射
	放射诊断中心、库房、车库		约 8m	同层	医院用房，约 20 人	公众成员	
2	配电房、车库	南侧	紧邻	同层	医院用房，约 10 人	公众成员	
	职工商住楼		约 20m	0m	商住楼，-4F/8F，约 150 人	公众成员	
	任河街沿街商业楼		约 48m	-12m	商住楼，2~8F，约 50 人	公众成员	
3	控制廊、准备室	西侧	紧邻	同层	项目配套用房，约 2 人	放射工作人员	
	名豪百年商业文化广场商住楼		约 37m	同层	商住楼，-3F/28F，约 800 人	公众成员	

续表 7 保护目标与评价标准

序号	环境保护目标	方向	最小水平距离	最小高差	环境保护目标特性	影响人群	影响因素
4	核磁共振室及控制室、设备间、更衣间	北侧	紧邻	同层	医院用房，约 2 人	公众成员	电离辐射
	阅片室、值班室等		约 10m	同层	医院用房，约 10 人	公众成员	
	名豪百年商业文化广场商业楼		约 25m	0m	商业楼，0F/5F，约 200 人	公众成员	
5	门诊病房综合楼-1F	楼上	/	楼上相邻	医院用房（门诊大厅），流动人员	公众成员	
6	门诊住院综合楼-3F	楼下	/	楼下相邻	医院用房（食堂厨房），约 20 人	公众成员	

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。

4.3.2 剂量限制和潜在照射危险限制

B1 剂量限值

B1.1.1.1 应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

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

b) 任何一年中的有效剂量，50mSv；

B1.2 公众照射

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不超过下述限值：

a) 年有效剂量，1mSv。

(2) 《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）

本标准适用于X射线影像诊断和介入放射学。

6.1 X射线设备机房布局

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

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

续表 7 保护目标与评价标准

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 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小于表 3（本报告表 7-3）要求。

表7-3 不同类型射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

机房类	有用线束方向铅当量 (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

备注：项目 DSA 为 C 形臂 X 射线设备，执行其屏蔽防护铅当量。

6.2.3 机房的门和窗关闭时应满足表 3（即本报告表 7-3）的要求。

6.3 X射线设备机房屏蔽体外剂量水平

6.3.1 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

a) 具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/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 0.25mSv。

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

续表 7 保护目标与评价标准

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

表7-4 个人防护用品和辅助防护设施配置要求

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

注 1：“—”表示不做要求。

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

(3) 《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2019）

工作场所空气中化学因素的职业接触限值为：

臭氧最高容许浓度（MAC）接触限值：0.3mg/m³；

氮氧化物（一氧化氮和二氧化氮）的时间加权平均容许浓度（PC-TWA）接触限值：5mg/m³。

续表 7 保护目标与评价标准

(4) 医疗废物

医疗废物属于危险废物，按国家危险废物名录分为医疗废物HW01，主要包括感染性废物（841-001-01）、损伤性废物（841-002-01），按《医疗废物管理条例》和《重庆市人民政府关于进一步加强医疗废物管理的通告》（渝府发[2007]71号）要求进行收集处置；其贮存按《医疗废物集中处置技术规范（试行）》（环发[2003]206号）、《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）执行。

(5) 评价标准及相关数值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录B要求，放射工作人员连续5年的年平均有效剂量不超过20mSv，四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量不超过500mSv，公众成员年平均剂量有效剂量不超过1mSv。条款11.4.3.2规定：剂量约束值通常在公众照射剂量限值10%-30%（即0.1mSv/a~0.3mSv/a）。

根据建设单位提供的资料（见支撑性材料：环境影响评价委托书附件一），医院取GB18871-2002中工作放射人员年有效剂量限值的四分之一即5mSv/a作为放射工作人员的年有效剂量管理目标值；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，本项目医院的公众照射剂量管理目标取值为10%，在上述取值范围内，满足GB18871-2002要求。

综上所述，确定项目的评价要求见表7-5所示。

表7-5 项目剂量限值及污染物排放指标表

年剂量限值要求			执行依据
放射工作人员	年有效剂量管理目标值 5mSv/a		GB18871-2002 及医院管理要求
公众成员	年有效剂量管理目标值 0.1mSv/a。		
剂量率控制值			执行依据
DSA 机房	透视条件下，距离机房墙体、门、窗表面 30cm，机房顶棚上方距楼上地面 100cm，机房地板下方距楼下地面 170cm 处的周围剂量当量率 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ 。		GBZ130-2020
	摄影条件下，距离机房墙体、门、窗表面 30cm，机房顶棚上方距楼上地面 100cm，机房地板下方距楼下地面 170cm 处的周围剂量率应不大于 $25\mu\text{Sv/h}$ ，当超过时应进行直线外人员的年有效剂量评估，应不大于 0.25mSv。		
机房要求			执行依据
设备名称	机房内最小有效使用面积	机房内最小单边长度	/
DSA（单管头）	20m ²	3.5m	GBZ130-2020

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

城口县人民医院位于重庆市城口县葛城街道文化路 14 号。项目位于医院门诊住院综合楼-2F 西部。

项目地理位置见附图 1，项目所在工作场所见附图 4。

8.2 辐射环境现状评价

重庆市辐射技术服务中心有限公司于 2022 年 4 月 20 日对介入手术中心所在场地的环境 γ 辐射剂量率背景值进行了监测。监测报告编号：渝辐（监）[2022]76 号。

8.2.1 监测因子

环境 γ 辐射剂量率。

8.2.2 监测方案

（1）监测方法和依据

监测方法和依据见表 8-1。

表 8-1 监测方法和依据

监测项目	监测方法	监测依据
环境 γ 辐射剂量率	仪器法	《环境 γ 辐射剂量率测定技术规范》（HJ1157-2021）

（2）监测点位布置

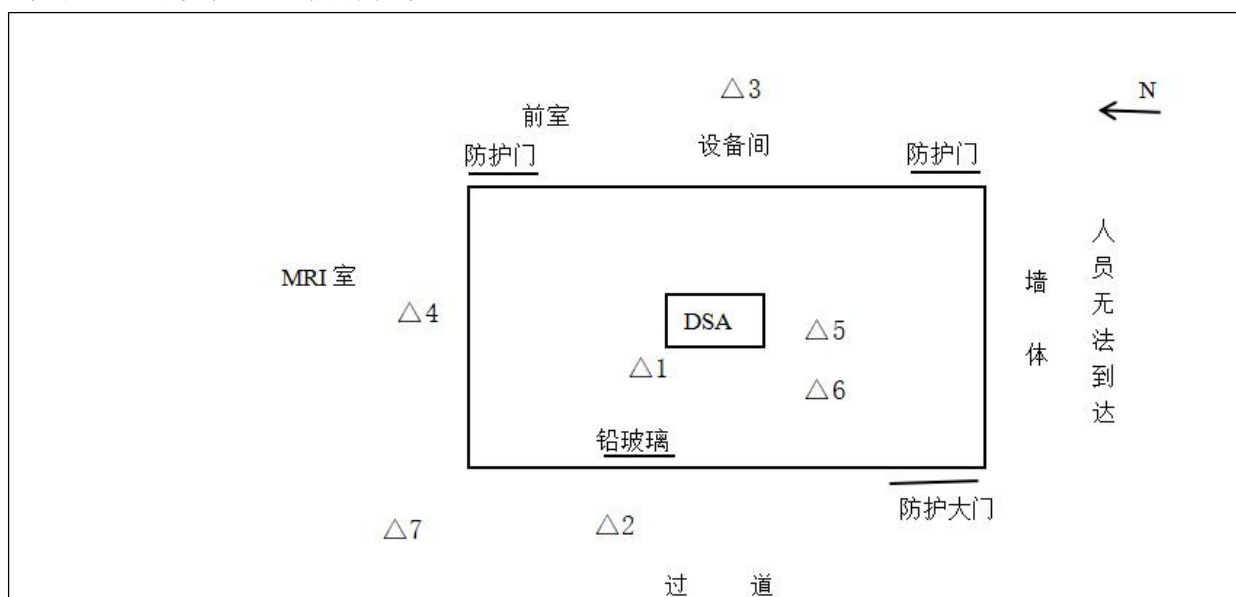
监测点位情况见表 8-2，监测布点位置见图 8-1 所示。

表 8-2 监测布点情况表

监测点位	监测点位描述	备注
△1	介入手术室	项目所在建筑
△2	介入手术室西侧过道	环境保护目标
△3	介入手术室东侧过道	
△4	DSA 室北侧 MRI 内	
△5	楼上地面	
△6	楼下地面	
△7	门诊住院综合大楼外	项目所在场地

监测点位合理性分析：根据现场踏勘，上述监测点包含了介入手术室、周围各环境保护目标、项目用房所在场地。监测点位布置全面，监测结果能反映项目所在地及周围环境保护目标的辐射环境背景水平。因此，项目监测布点合理。

续表 8 环境质量和辐射现状



备注：△为监测点位，△5 位于介入手术室楼上门诊大厅处，△6 位于介入手术室楼上食堂厨房处。

图 8-1 监测布点图

(3) 测定方式

测定方式为即时测量，即用监测仪器直接测量出点位上的对应监测因子的监测结果。

8.2.3 质量保证措施

(1) 监测仪器

监测由有资质的单位重庆市辐射技术服务中心有限公司进行监测，监测仪器在检定有效期内使用，监测仪器及检定情况见表 8-2。

表 8-3 监测仪器及检定情况

仪器名称	型号	仪器编号	计量检定证书编号	有效期至	校准因子
多功能辐射测量仪	FH40G-L10 FHZ267E	030923（主机） 10814（探头）	2021091400564	20220924	1.40

(2) 监测人员及报告审核制度

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

续表 8 环境质量和辐射现状

8.2.4 监测结果

监测结果和监测布点见监测报告：渝辐环（监）[2022]261号（附件四）。监测结果统计见表 8-4。

表 8-4 项目所在区域辐射环境监测结果统计

序号	监测点位描述	环境 γ 辐射剂量率测量值（nGy/h）
△1	介入手术室	92.4
△2	介入手术室西侧过道	94.2
△3	介入手术室东侧过道	76.4
△4	DSA 室北侧 MRI 内	68.5
△5	楼上地面	83.3
△6	楼下地面	97.5
△7	门诊住院综合大楼外	97.1

根据监测统计结果可知，项目所在位置的环境 γ 辐射剂量率监测值在 68.5nGy/h~97.5nGy/h 之间（未扣除宇宙射线的响应值）。根据《2021 重庆市生态环境状况公报》（重庆市生态环境局），2021 年重庆市多个点位的环境地表伽玛空气吸收剂量率平均值为 94.0nGy/h（未扣除宇宙射线的响应值）。两者相比，无明显差异，因此，本项目所在地环境的辐射环境质量现状无异常。

表9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备及施工期污染工序及污染物产生情况

根据《城口县人民医院住院综合楼项目环境影响评价报告书》可知，施工期的主要的污染因子有：扬尘、噪声、废水、固体废物等。介入手术中心施工量小，产生的扬尘、噪声、废水、固体废物等少，对周围环境影响不大。根据现场调查可知，介入手术中心现已建设完成，待完善环保手续后即可开展工作。因此，项目不考虑施工期对周围环境的影响，主要考虑运营期对周围辐射环境的影响。

9.2 运行期污染工序及污染物产生情况

9.2.1 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 是在医学影像系统的监视引导下工作。本项目的 DSA 固定安装在介入手术室手术区和设备区之间的轨道上，不使用时 DSA 位于设备区，使用时通过轨道移动至手术区固定安装的手术床旁再行使用。DSA 的 C 形臂下方安装球管，上方安装探测器，C 形臂以固定点为轴心，顺时针或者逆时针旋转，一般球管主射线方向朝向顶棚出束。在手术过程中，介入手术医生须在手术床旁并在 X 射线导视下进行操作。

DSA 见图 9-1。



图 9-1 DSA 实物照片（示例）

续表 9 项目工程分析与源项

(2) DSA 工作原理

DSA 的基本原理是将注入造影剂前后通过人体吸收后的 X 线信号进行成像，分别经影像增强器后，再用高分辨率的电视摄像管扫描，将图像分割成许多的小方格，做成矩阵化，形成由小方格中的像素所组成的视频图像，经对数增幅和模/数转换为不同数值的数字，形成数字图像并分别存储起来，然后输入电子计算机处理并将两幅图像的数字信息相减，获得的不同数值的差值信号，再经对比度增强和数/模转换成普通的模拟信号，获得了去除骨骼、肌肉和其他软组织，只留下单纯血管影像的减影图像，通过显示器显示出来。通过 DSA 处理的图像，使血管的影像更为清晰，在进行介入手术时更为安全。

(3) 操作流程

医护人员用推车将患者送入手术室，引导其躺在手术床上，注入造影剂（不含放射性），工作人员选择病人所需照射部位，调整 DSA 机架和照射野，手术医生和助手穿戴好防护用品后，按手术要求，在医学影像诊断系统的监视和引导下，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、栓塞等操作完成相应的手术。DSA 工作示意图见图 9-2。

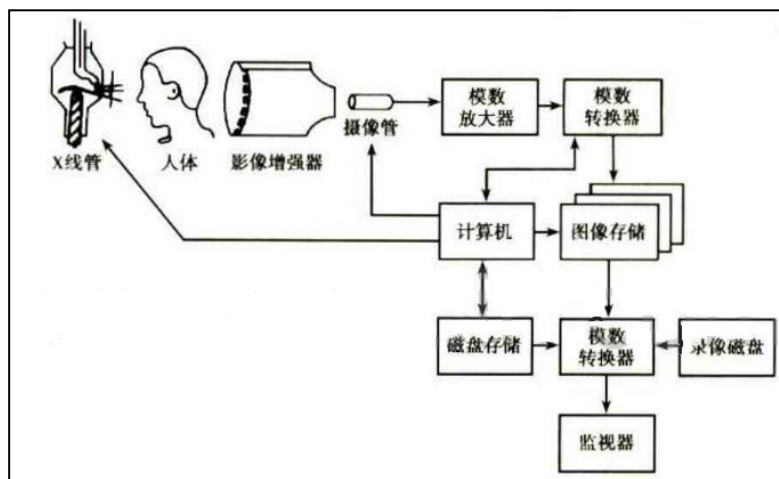


图9-2 DSA工作示意图

DSA 在进行曝光时分为两种情况：

第一种情况，采集（摄影）。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 机房内移动铅屏风后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），医生在控制室内通过铅玻璃观察窗和操作台观察机房内病人情况。无论哪种工作模式，医生在 DSA 机房内必须身着个人铅防护用品。

续表 9 项目工程分析与源项

第二种情况，透视。在为病人进行介入手术时，为更清楚地了解病人情况时 DSA 会有连续曝光，并采用连续脉冲透视，此时介入手术医生位于铅悬挂防护屏、铅防护帘、床侧防护帘、床侧防护屏等辅助防护设施后身着个人铅防护用品在机房内对病人进行直接的介入手术操作。

DSA 接诊流程及产污环节见下图所示：

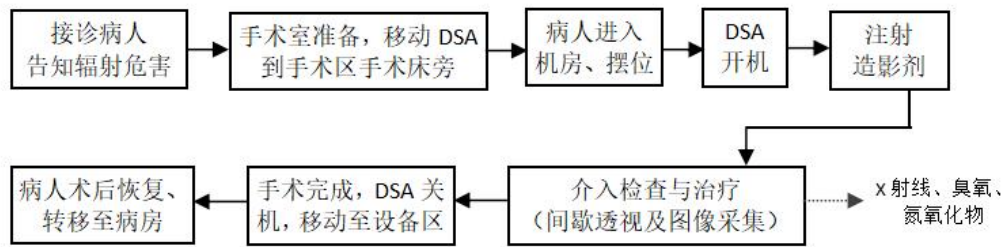


图 9-3 DSA 操作流程及产污环节图

(4) 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，并兼顾非主要类型的介入手术。

项目介入手术室工作负荷情况见表 9-1。

表 9-1 DSA 介入手术工作负荷表

透视					
手术类别	年开展工作量		每台手术透视曝光时间		年透视曝光时间
心脏介入	600 台		约 20min		约 200h
神经介入	100 台		约 21min		约 35h
综合介入	100 台		约 21min		约 35h
小计	800 台		/		约 270h
采集（摄影）					
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	600 台	3~4s	6~10 次	约 0.7min	约 7.0h
神经介入	100 台	6~10s	4~10 次	约 1.7min	约 2.9h
综合介入	100 台	3~8s	7~15 次	约 2min	约 3.4h
小计	800 台	/	/	/	约 13.3h
总计	/	/	/	/	约 283.3h

根据介入手术年工作负荷可知，项目 DSA 年透视时间共约 270h，采集时间约 13.3h，DSA 总年有效开机时间约 283.3h。

续表 9 项目工程分析与源项

9.2.2 污染因子

(1) 电离辐射

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

(2) “三废”

DSA 运行过程不产生放射性废水、废气和放射性固体废物。

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

DSA 在运行时均采用实时成像系统，不洗片，无废片产生。项目运行会产生少量医疗废物和医疗废水。同时，项目放射工作人员产生少量生活垃圾；放射工作人员穿戴的铅防护用品使用一定年限后屏蔽能力减弱，成为废的铅防护用品。

综上，DSA 在运行过程中污染因子主要为 X 射线以及少量的废气；项目运行还会产生少量的固废、废水。因此，项目评价以 X 射线为评价重点。

9.3 路径规划

放射工作人员通道：从电梯到达-2F 电梯厅，穿越候诊大厅到达介入手术中心，通过医护人员专用通道进入介入手术中心，换鞋更衣后通过控制廊进入准备室，穿戴好铅防护用品后进入介入手术室开展工作，手术完成后原路离开。控制室技师到控制廊即止。

患者通道：电梯到达-2F 电梯厅，穿越候诊大厅到达介入手术中心，通过患者专用通道进入介入手术中心，通过前室进入介入手术室进行手术，手术完成后原路离开。

污物通道：手术结束后专人从介入手术室内将手术污物从东侧防护门运至专用污物间暂存，而后每日下班前通过放射诊断中心的走廊、车库转移至危险废物暂存间内。

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

续表 9 项目工程分析与源项

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根据调查重庆市多家医院 DSA 的设备工作条件中发现：

①在极端情况下，本项目 DSA 透视工况运行最大管电压 150kV 时，电流自动跟随电压，电流不大于 110mA；在极端情况下，本项目 DSA 采集工况运行最大管电压 150kV 时，电流自动跟随电压，电流不大于 500mA。常用透视工况为 60~90kV/5~20mA，采集工况为 60~90kV/300~500mA。

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。

根据射线衰减原理和《辐射防护导论》附图 3（本报告图 9-5），本项目 DSA 过滤板为 3mmAl，最大管电压 150kV 时，通过拟合估算离靶 1 米处的发射率约为 13.4mGy·m²/mA·min；工作电压 90kV 时，通过拟合估算离靶 1 米处的发射率约为 5.3mGy·m²/mA·min。

续表 9 项目工程分析与源项

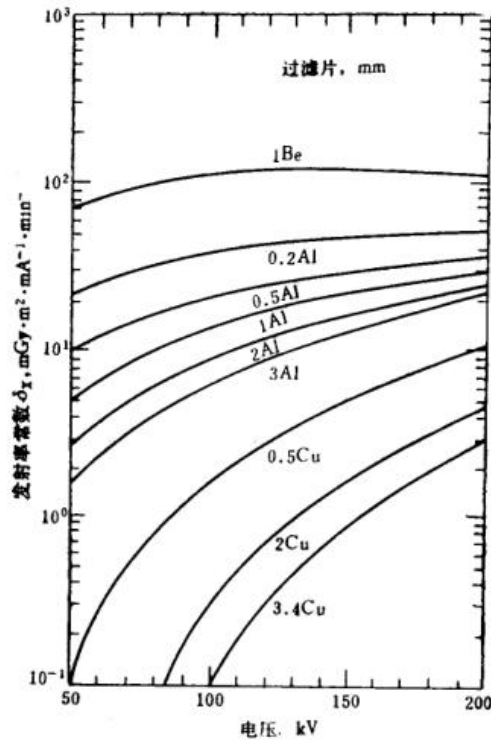


图9-5 不同过滤材质在恒电位X射线发生器在离靶1米处的发射率

(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) 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。医院拟在介入手术室内设置感染性和损伤性废物收集桶，并粘贴标识。每台手术结束后经东侧防护门运至专用污物间整理打包，每日下班前再经放射诊断中心的走廊、车库运至医院医疗废物暂存间暂存，再统一交有资质单位处理。

项目运行产生生活垃圾依托院内生活垃圾暂存间暂存交市政环卫部门处理。项目拟配置多套铅橡胶衣、帽子等含铅防护用品，在使用一定年限后医院收集、妥善保管，做好相应记录，交有资质单位处理。

(4) 废水

本项目运行产生的少量医疗废水进入医院污水处理站统一处理，达标后排入市政污水管网。

续表 9 项目工程分析与源项

9.5 主要污染物产生及预计排放情况汇总

综上所述，本项目运营期主要污染物产生及预计排放情况汇总见下表所示。

表 9-2 污染因子一览表

影响因素	主要污染因子	产排量	去向
电离辐射	X 射线	距靶 1m 处有用线束的发射率：150kV 下不大于 13.4mGy·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。	通过屏蔽材料防护
废气	O ₃ 、NO _x	少量	机械排风
固废	医疗废物	少量	依托医院医疗废物暂存间暂存，交有资质单位处置
	生活垃圾	少量	交市政环卫部门处置
	废的铅防护用品	少量	收集、妥善保管，并做好相应记录，交有资质单位处理
废水	医疗废水	少量	排入医院污水处理站处理达标后接入市政污水管网

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目布局和分区

10.1.1 布局合理性

项目介入手术中心位于门诊住院综合楼-2F西部，内设介入手术室、控制走廊、设备室、准备室、缓冲间、污物间、前室以及换鞋更衣区，能满足项目手术需求。介入手术室东侧为准备室、设备室、污物间；南侧为配电房；西侧为准备室、控制廊；北侧为核磁共振室；楼上为医院门诊大厅；楼下为医院食堂的厨房。因此，介入手术室同层临近区域主要布置介入手术中心的配套用房、其他机房以及设施设备用房等，公众成员活动区域不与介入手术室直接相邻。此外，介入手术室配套设置专用控制走廊，并紧邻介入手术室布置，控制廊与介入手术室之间设置一扇观察窗，便于技师观察介入手术情况；介入手术室与准备室之间设置一扇防护门，方便手术医护人员出入。介入手术室在东侧设置两扇防护门，方便患者进出和污物运出，即介入手术室的人流物流路径相对独立。介入手术室的穿墙管线均从角落处穿墙，并采取防护补偿措施，能有效减少射线的泄漏。

综上所述，从辐射防护与环境保护角度，平面布局合理。

10.1.2 介入手术室建设尺寸

按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）规定，机房的有效使用面积为机房内可划出的最大矩形的面积，机房内单边长度为机房内有效使用面积的最小边长。因此，本项目介入手术室机房的有效使用面积和最小单边长度见表10-1。

表10-1 介入手术室尺寸建设情况表

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	
介入手术室	7.39	59.49	≥3.5	≥20	满足

从表10-1可知，本项目介入手术室有效使用面积及最小单边长度均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求。

10.1.3 工作场所分区

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定：控制区是在辐射工作场所划分的一区域，在这种区域内需要或可能需要采取专门的防护手段或安全措施，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散并预防潜在照射或限制潜在照射的范围；监督区是未被确定为控制区，通常不需要采取专门的防护手段或安全措施，

续表 10 辐射安全与防护

但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域。

根据上述要求，医院拟对项目工作场所进行分区管理，将各工作场所划分为控制区和监督区，具体划分见图 10-1 及表 10-2。

表10-2 项目控制区、监督区划分表

工作场所	控制区范围	监督区范围
介入手术工作场所	介入手术室	控制走廊、准备室、核磁共振室及控制室、前室、设备室、污物间、 变配电所、储藏室 及介入手术室楼上楼下对应区域

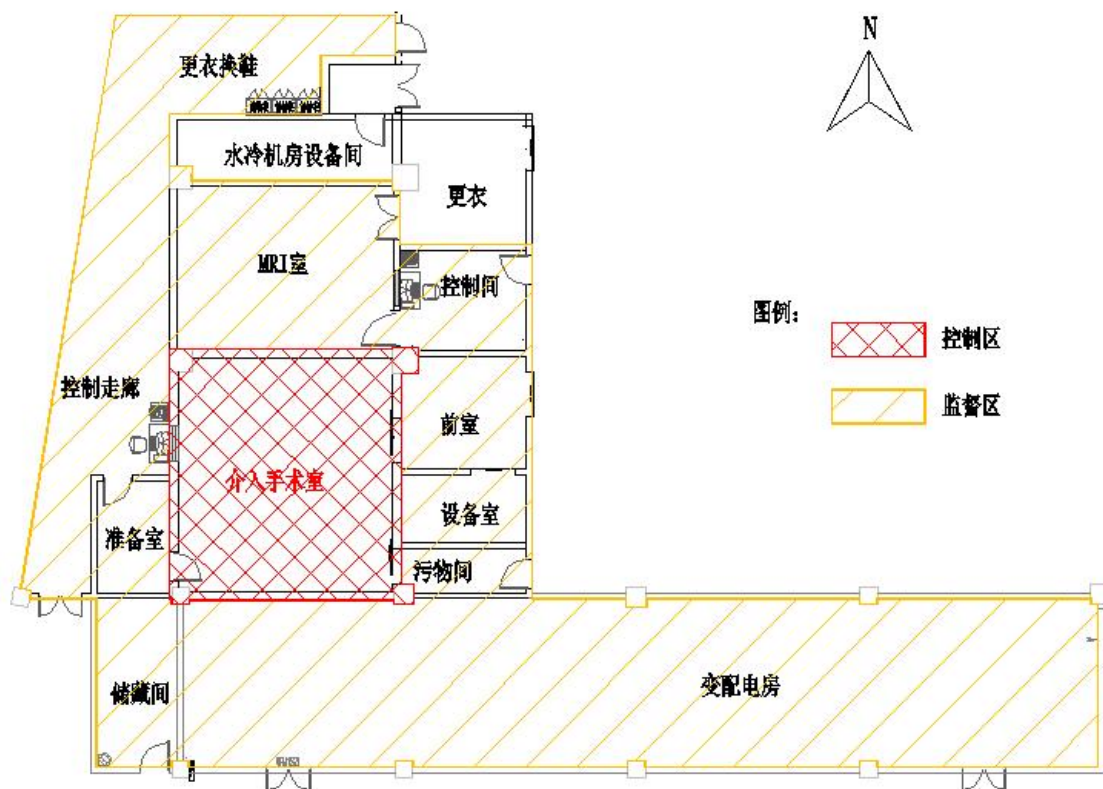


图10-1 介入手术工作场所分区图

在开展介入手术时，医院拟严格限制无关人员进出控制区，在正常诊疗的工作过程中，控制区内不得有无关人员滞留，保障该区的辐射安全，控制区边界防护门设置电离辐射警告标识、门灯连锁装置。在监督区入口处的适当位置设立标明监督区的标识（如地面警示贴条），监督区进行日常工作场所的监测。

项目工作场所按照相关要求进行了分区，控制区、监督区互不交叉，分区合理。

10.2 采取的辐射安全与防护措施

(1) 设备固有措施

项目配置的 DSA 自身采取了多种固有安全防护措施：

续表 10 辐射安全与防护

① DSA 设有可调限束装置,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。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 射线管头或影像增强器的窗口处放置合适铝过滤板,以多消除软 X 射线以及减少二次散射,优化有用 X 射线谱。设备提供适应 DSA 不同应用时可以选用的各种形状与规格的准直器隔板和铝过滤板。影像增强器前面可酌情配置各种规格的滤线栅,减少散射影响。

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

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

⑤ 配备辅助防护设施:设备采购时配辅助防护设施,包括 1 套铅悬挂防护屏、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) 屏蔽防护措施

① 根据医院提供资料,介入手术室四周墙体均为 240mm 页岩砖+20mm 硫酸钡水泥,顶棚、地板均为 200mm 混凝土,防护门、观察窗为 3mmPb。根据后文核算,介入手术室等效铅当量和介入手术室外周围剂量当量率均能满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)的要求。

② 介入手术室设置 3 个含铅防护门和 1 扇铅玻璃窗。含铅防护门、铅玻璃窗的生产和安装均由有资质的厂家负责,介入手术室的防护门、观察窗与墙体之间采取足够的搭接宽度。

③ 介入手术室的新风管道穿墙位置位于介入手术室东墙上方靠近顶棚处,管道穿墙孔洞尺寸为 300mm×300mm,新风管道穿过屏蔽墙后,连接至门诊住院综合楼中央通风系统的新风管道。排风口位于介入手术室北墙上方靠近顶棚处,管道穿墙孔洞尺寸为 200mm×200mm,排风管道穿过屏蔽墙后,连接至门诊住院综合楼中央通风系统的

续表 10 辐射安全与防护

排风管道。管道穿墙区域距介入手术室地面约 4.0m，穿墙口位置较高，且远离人员频繁活动区域。

④设备电缆线等布设在地面抬升层内（约 15cm，龙骨架空装饰层），然后在东墙下方贴地开穿墙电缆孔，电缆孔直径约 100mm，靠近地面布设，穿墙孔位置处于设备射线没有直接投射的区域，后期使用过程拟使用 2mmPb 铅板覆盖穿墙孔区域。

（3）通风

介入手术室采用机械送风、机械排风的方式进行通风。送风、排风均利用门诊住院综合楼的中央集中空调系统，在介入手术室天花吊顶设送风口、排风口，废气最终通过门诊住院综合楼 14F 楼顶排放。

（4）联锁系统

介入手术室的各防护铅门均设置门灯联锁系统，防护门上方设置醒目的工作状态指示灯，灯箱上设置“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；防护门被打开时，指示灯熄灭。

（5）防护门及观察窗

介入手术室设置 3 个进出铅防护门。患者进出的防护门和污物运出的防护门均为电动推拉门，设防夹装置和闭门措施（关闭完全或者打开完全），设置门灯联锁；医护人员进出的防护门为平开门，设自动闭门装置。

介入手术室设置 1 扇观察窗，位于介入手术室西墙上，放射工作人员在控制廊内便可全方位地观察到介入手术室内情况，如发现患者不适、位置移动、部件脱落、机架与治疗床发生碰撞等异常情况，可及时采取紧急措施。

（6）对讲装置

介入手术室与控制室之间设置对讲装置，便于手术室内医务人员和控制室内人员之间交流。

（7）警示标识

介入手术室的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；同时在前室设置放射防护注意事项告知栏。

（8）辐射防护用品

根据医院提供的资料，介入手术室配备的个人防护用品见表 10-3。

续表 10 辐射安全与防护

表 10-3 介入手术室配置的个人防护用品和辅助防护设施情况表

使用对象	个人防护用品			辅助防护设施		
	名称	铅当量	数量	名称	铅当量	数量
工作人员	铅橡胶围裙 铅橡胶颈套	≥0.5mmPb	4套	床侧防护帘/床 侧防护屏	≥0.5mmPb	1套
	铅防护眼镜	≥0.25mmPb		铅悬挂防护屏/ 铅防护吊帘	≥0.25mmPb	
	介入防护手套	≥0.025mmPb	若干	移动铅屏风	≥2mmPb	1扇
	患者	铅橡胶性腺防护 围裙（方形）或方 巾、铅橡胶颈套	≥0.5mmPb	1套	/	/

备注：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) 管理措施

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

②DSA 操作系统设置安全密码，由项目的专职技师管理，无关人员不能开启系统，DSA 不能出束。

③医院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；待介入手术室内停止工作时，方可进行医疗废物运送。

④介入手术室投入使用后，医院拟持续观察介入手术室含铅防护门、铅玻璃窗等屏蔽体状态，发现问题，及时采取补救措施，确保介入手术室屏蔽体的屏蔽效果良好。

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

项目 DSA 辐射安全联锁逻辑见图 10-2。

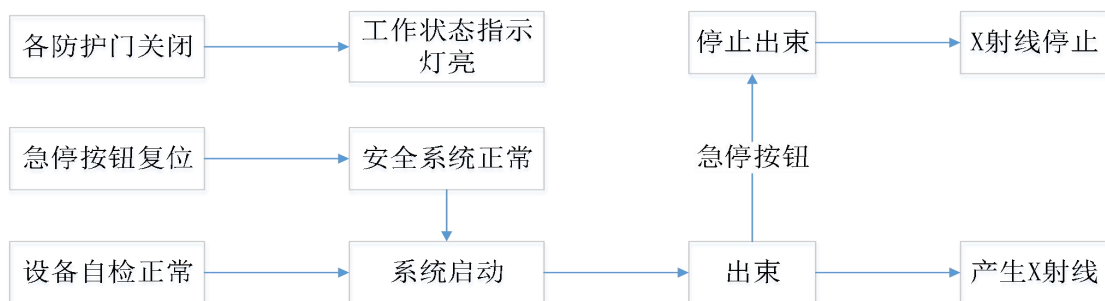


图 10-2 项目 DSA 辐射安全联锁逻辑示意图

10.3 放射性“三废”的处理

根据工程分析，项目不产生放射性“三废”。

续表10 辐射安全与防护

10.4 采取的辐射安全与防护措施与相关要求的符合性分析

项目采取的辐射安全与防护措施与《放射诊断放射防护要求》（GBZ130 -2020）、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）等相关要求的对比分析情况见表 10-4 所示。

表 10-4 项目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	5.2 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。	项目购置的 DSA 设备的最小焦皮距为 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	5.3.1 200mA 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。	项目购置的 DSA 配备有 3mmAl 过滤板。
		5.3.2 X 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。	项目购置的 DSA 配置有可调限束装置, 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。	项目购置的 DSA 防护性能满足要求。
		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。	项目购置的 DSA 的最小焦皮距为 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。

续表10 辐射安全与防护

续表 10-4 项目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	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 自带影像增强器能较好地阻挡主射线，同时 DSA 一般朝向顶棚照射，介入手术室的门、窗、管线口和工作人员操作位可避免有用线束直接照射。
		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。	介入手术室周围未布置公众成员长期停留的功能用房。
		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。	DSA 设置了独立的机房，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。	介入手术室有效使用面积分别为 59.49m ² ，最小单边长为 7.39m，均满足标准要求。
	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，项目介入手术室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，在常用工况下，项目 DSA 在透视条件下介入手术室屏蔽体外的周围剂量当量率均不大于 2.5μSv/h，在摄影条件下介入手术室屏蔽体外的周围剂量当量率均不大于 25μSv/h，满足要求。
	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。	介入手术室设置观察窗，能观察到受检者状态及防护门开闭情况。介入手术室设置了对讲装置便于介入手术医护人员与控制室内人员相互沟通。

续表10 辐射安全与防护

续表 10-4 项目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	6.4 X射线设备工作场所防护	6.4.2 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。	介入手术室内除必要的配套设施外，未堆放其他杂物。
		6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。	介入手术室采取机械排风，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。	介入手术室各防护门均设置门灯连锁系统，即在开机时，门上方设置的“射线有害、灯亮勿入”指示灯亮。前室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。	介入手术室各防护门均设置门灯连锁系统，防护门上设电离辐射警示标志和工作状态指示灯，警示无关人员不得打开防护门；医护人员进出防护门为平开门，设置有自动闭门装置；患者进出的防护门和污物运出的防护门为电动推拉式门。建立管理制度，医务人员确保防护门关闭后才能开机曝光。
		6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。	患者进出的防护门和污物运出的防护门为电动推拉式门，设置有防夹装置。
		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。	加强管理，指定介入手术室管理制度，明确非特殊情况，检查过程中陪检者不应滞留在机房内。
		6.4.10 机房出入门宜处于散射辐射相对低的位置。	设备自带影像增强器能较好地阻挡主射线，DSA 摆放在介入手术室中部，且介入手术室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。	配置有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。	介入防护手套铅当量不小于 0.025mmPb，移动铅防护屏风铅当量不小于 2mmPb，铅眼镜、铅悬挂防护屏/铅防护帘不小于 0.25mmPb，其余防护用品和辅助防护设施铅当量均不小于 0.5mmPb。	

续表10 辐射安全与防护

续表 10-4 项目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	6.5 X 射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求	6.5.4 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。	项目配备的患者防护用品和辅助防护设施的铅当量均为 0.5mmPb，满足儿童防护用品的要求。
		6.5.5 个人防护用品不使用时，应妥善存放，不应折叠放置，以防止断裂。	加强个人防护用品管理，采用悬挂或平铺方式存放，不折叠。
	7.8 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 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	7.8.3 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。	加强管理，图像采集时工作人员尽量不在介入手术室内停留；对受检者实施照射时，禁止与诊疗无关的其他人员在介入手术室内停留。
		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。	医院为 DSA 技师配置 1 枚个人剂量计，为其余手术室内的放射工作人员在铅防护衣内外各配置 1 枚，满足要求。
		7.8.5 移动式 C 形臂 X 射线设备垂直方向透视时，球管应位于病人身体下方；水平方向透视时，工作人员可位于影像增强器一侧，同时注意避免有用线束直接照射。	制定了操作规程及人员岗位职责，将 X 射线管头旋转至患者身体下方，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。	医院为 DSA 技师配置 1 枚个人剂量计，为其余手术室内的放射工作人员在铅防护衣内外各配置 1 枚，并佩戴在铅围裙外锁骨对应的领口位置。

根据表10-4可知，项目采取的辐射安全与防护措施满足以上标准要求。

表 11 环境影响分析

11.1 施工期环境影响

根据《城口县人民医院住院综合楼项目环境影响评价报告书》可知，施工期产生的扬尘、噪声、废水、固体废物等均得到了合理的处理。介入手术中心现已建设完成，待完善环保手续后即可开展工作。根据调查，城口县人民医院住院综合楼项目施工过程中城口县生态环境局、医院未收到环保投诉。同时，项目无环保遗留问题。

11.2 营运期环境影响分析

11.2.1 屏蔽体屏蔽效能核算

(1) 铅当量换算

①核算公式

对给定的铅厚度，可根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中附录 C 的式 C.1（本报告式 11-1）计算得到屏蔽透射因子 B：

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

式中：B——给定铅的屏蔽透射因子；

β ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

α ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

γ ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

X——铅厚度。

在给出透射因子 B 的情况下，可根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中附录 C 的式 C.2（本报告式 11-2）计算出各屏蔽物质的铅当量厚度：

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

式中：X——不同屏蔽物质的铅当量厚度；其余同上。

②核算参数

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、散射射线、漏射线。根据 NCRP147 号报告“Examples of Shielding Calculations”5.1 节（P72）

续表 11 环境影响分析

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。

项目 DSA 最大管电压为 150kV，因《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）未给出电压 150kV 条件下 90°非有用线束的砖的拟合参数，且标准要求 DSA 机房防护墙体不低于 2.0mmPb。因此，本次选取 GBZ130-2020 标准表 C.5 中 150kV 90°非有用线束下 2.0mmPb 对应混凝土厚度为 157mm 进行估算；根据密度换算（公式 11-3）为对应实心页岩砖（密度 1.65g/cm³）的厚度为 223.6mm；项目介入手术室（DSA 机房）四周墙体设计为 240mm 实心页岩砖，则在相同条件下相当于 2.15mmPb。按此方式核算，20mm 硫酸钡（密度 3.2g/cm³）相当于 0.35mmPb。

其他预测参数见表 11-1。

表 11-1 150kV 拟合参数表

屏蔽材料	150kV（散射）		
	α	β	γ
铅	1.791	5.478	0.5678
混凝土	0.03240	0.07750	1.566

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

$$d_1 / d_2 = \rho_2 / \rho_1 \quad (11-3)$$

式中： d_1 、 d_2 —屏蔽材料 1 和屏蔽材料 2 的厚度，

ρ_1 、 ρ_2 —屏蔽材料 1 和屏蔽材料 2 的密度。

③核算结果

根据介入手术室（DSA 机房）屏蔽防护设计方案及设备参数，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（150kV）	四周墙体	240mm 页岩砖+20mm 硫酸钡水泥	2.50mmPb	≥2.0mmPb	满足要求
	顶棚	200mm 混凝土	2.55mmPb		满足要求

续表 11 环境影响分析

表 11-2 介入手术室屏蔽厚度与 GBZ130-2020 要求对比表					
机房名称	屏蔽体	屏蔽防护设计	折合铅当量	标准要求	评价结果
介入手术室 (150kV)	地板	200mm 混凝土+20mm 硫酸钡水泥	2.90mmPb	≥2.0mmPb	满足要求
	铅玻璃窗	3mmPb	3mmPb		满足要求
	铅防护门	3mmPb	3mmPb		满足要求

备注：混凝土（砣）2.35g/cm³，铅 11.3g/cm³，页岩砖 1.65g/cm³，硫酸钡 3.2g/cm³；顶棚和地板上均有垫层，均不考虑其防护厚度。

根据上表可知，项目介入手术室的屏蔽体折合铅当量能大于《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中机房的屏蔽防护最低要求。

(2) 屏蔽体外剂量率核算

①核算公式

根据式 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) 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：

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

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，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—— R_0 处的辐射野面积，单位为平方米（m²），射线装置运行时的最大照射野面积为 400cm²（20cm×20cm）；

a——散射因子，入射辐射被单位面积（1m²）散射体散射到距其 1 m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比；

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。

续表 11 环境影响分析

②核算参数

A、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（摄影）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 5.3mGy·m²/mA·min。Sv/Gy 转换系数取值为 1。

B、因《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中给出的常用管电压 90kV 的未区分有用线束和 90°非有用线束，本次统一按照给出的 90kV 的拟合参数核算，同时保守按照最大工况 150kV 换算的铅当量进行核算。

C、根据 NCRP147 号报告第 137 页附图 C.1，拟合估算 90kV 射线装置在最大散射角情况下 1m 处的每平方厘米的散射系数为 6.83×10⁻⁶。

D、介入手术室水平方向上考察到屏蔽体外30cm；DSA离地高度按1.0m考虑，顶棚核算到楼上地面1.0m处，地板核算到楼下距地面1.7m处。射线斜线穿越屏蔽体，保守按照垂直厚度考虑。

综上，本次核算相关计算参数见表11-3。

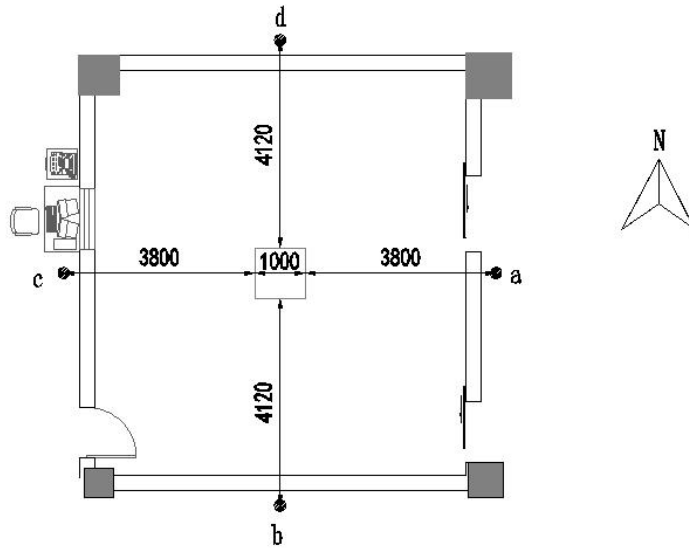
表 11-3 介入手术室外周围剂量当量率核算参数表

设备名称	管电压 (kV)	对应管电流 I (mA)	输出量 H ₀ μSv·m ² /(mA·h)	散射面积 F (cm ²)	散射因子 α	散射距离 R _s (m)	关注点距离 R ₀
DSA	90	20 (透视) 500 (采集)	3.18×10 ⁵	400	6.83×10 ⁻⁶	0.38	见图 11-1
90kV 拟合参数			铅 α: 3.067	β: 18.83	γ: 0.7726		

③核算结果

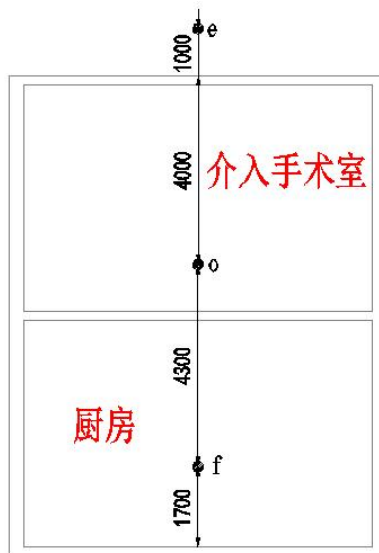
DSA 位于介入手术室中部位置，各计算点距离情况见图 11-1 和图 11-2 所示。

续表 11 环境影响分析



注：计算点为四周墙体外 30cm，图中标注距离单位为 mm。

图 11-1 各计算点距离示意图（平面图）



注：DSA 离地高度按 1.0m 考虑，顶棚计算点楼上地面 1.0m 处，楼下距地面 1.7m 处，图中标注距离单位为 mm。

图 11-2 各计算点距离示意图（剖面图）

根据核算公式和上表相关参数，介入手术室外周围剂量当量率核算见表 11-4。

表 11-4 介入手术室屏蔽体外剂量率核算结果表

机房名称	方位和考察点		距离 R(m)	建设厚度	周围剂量当量率 (μSv/h)		是否满足要求
					透视	采集	
介入手术室	东侧	墙体	3.80	240mm 实心页岩砖 +20mm 硫酸钡水泥	0.31	7.68	是
		防护门	3.80	3mmPb	0.07	1.65	是

备注：介入手术室顶棚、地板均有部分垫层，其密度低，厚度薄，不考虑其屏蔽能力。

续表 11 环境影响分析

表 11-4 介入手术室屏蔽体外剂量率核算结果表

机房名称	方位和考察点		距离 R(m)	建设厚度	周围剂量当量率 (μSv/h)		是否满足要求
					透视	采集	
介入手术室	南侧	墙体	4.12	240mm 实心页岩砖+20mm 硫酸钡水泥	0.26	6.53	是
	西侧	墙体	3.80	240mm 实心页岩砖+20mm 硫酸钡水泥	0.31	7.68	是
		观察窗	3.80	3mmPb	0.07	1.65	是
		防护门	3.80	3mmPb	0.07	1.65	是
	北侧	墙体	4.12	240mm 实心页岩砖+20mm 硫酸钡水泥	0.26	6.53	是
	楼上	顶棚	5.0	200mm 混凝土	0.15	3.80	是
	楼下	地板	4.3	200mm 混凝土+20mm 硫酸钡水泥	0.07	1.75	是

备注：介入手术室顶棚、地板均有部分垫层，其密度低，厚度薄，不考虑其屏蔽能力。

根据上表计算可知，在常用透视条件下介入手术室屏蔽体外的周围剂量当量率小于 2.5μSv/h，在常用采集（摄影）条件下介入手术室屏蔽体外的周围剂量当量率小于 25μSv/h，均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。

11.2.2 个人剂量估算

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：

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

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/a。

(1) 放射工作人员剂量估算

根据 DSA 的工作负荷，DSA 年透视时间约 270h，采集时间约 13.3h，DSA 总年有效开机时间约 283.3h。

①控制室技师

在 DSA 运行时透视工况和摄影工况下，控制室内的技师的年有效剂量估算情况如下表 11-5 所示。

表 11-5 项目控制室技师年受照剂量估算表

设备名称	照射类型	周围剂量当量率 (μSv/h)	工作时间 (h/a)	年附加有效剂量 (mSv/a)	
DSA	透视	0.31	270	0.08	0.18
	摄影	7.68	13.3	0.10	

续表 11 环境影响分析

根据上表可知，从最不利情况考虑，本项目介入手术室的控制室的工作由 1 名技师完成，则该名技师的年有效剂量满足本项目放射工作人员年有效剂量管理目标限值 5mSv/a 的要求，同时也满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

②手术室医护人员

项目 DSA 有采集和透视两种工作模式。

透视工作模式下：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 μ Sv/h。手术医护人员均穿戴个人防护用品（考虑 0.5mmPb），以本报告公式 11-1 和相关参数计算防护用品的透射系数，不考虑射线与手术医护人员的距离衰减因素，不区分手术医护人员位置，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：考虑医护人员全部位于介入手术室内移动铅屏风后，医护人员均穿戴个人防护用品，结合其他防护设施总体考虑为 0.5mmPb，移动铅屏风为 2mmPb，以公式 11-1 和相关参数计算其透射因子，并考虑射线与手术医护人员的距离衰减因素（2m），核算常用电压条件下手术医护人员受照剂量。

手术医护人员受照剂量估算见表 11-6。

表 11-6 介入手术医护人员年剂量估算表

模式	无个人防护时周围剂量当量率 (μ Sv/h)	个人防护屏蔽透射因子 (90kV)	手术医护人员铅衣内周围剂量当量率 (μ Sv/h)	单台手术（最大）		年有效出束时间 (h/a)	年有效剂量估算 (mSv/a)	
				时间 (min)	受照剂量 (μ Sv/台)			
采集	7.52×10^5	3.68×10^{-5}	27.71	2	0.92	4.45	13.3	0.37
透视	400	2.52×10^{-2}	10.06	21	3.52		270	2.72

备注：①采集时医生可能在介入手术室内或者在控制室内，故按照最不利情况全部在介入手术室内进行核算。②采集条件下的“无个人防护时周围剂量当量率”核算条件见表11-3。

根据上表可知，正常工作模式下，假设项目介入手术室内手术均由一组手术医护人员完成，介入手术室内从事介入手术的医护人员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。

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 400 μ Sv/h、

续表 11 环境影响分析

0.5mmPb 铅防护用品计算的，摄影是按照移动铅屏风 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。同时，医院应合理配置各手术类型的医务人员。因此，介入手术医生实际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及个人剂量监测结果对手术医生进行工作调配，以保证手术医务人员年受照剂量低于年有效剂量管理目标值，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：要求从事介入手术的医护人员在实际工作中，正确佩戴个人剂量计，手术室医护人员在防护铅衣内外各佩戴 1 枚个人剂量计，准确记录受照剂量；

B：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。若单期的调查水平 \geq 年剂量管理目标值/（年监测周期数），应开展进一步调查，查明原因，提出解决方案，确保放射工作人员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

介入手术室外公众成员的年有效剂量见表 11-7。

表 11-7 介入手术室外公众成员年有效剂量估算表

序号	名称	方位	最小距离	关注点最大周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)		居留因子	年有效剂量 (mSv/a)
				透视	摄影		
1	前室、设备室、污物间、内部走廊	东侧	紧邻	0.31	7.68	1/5	0.04
	放射诊断中心、库房、车库		约 8m	0.03	0.80	1	0.02
2	配电房、车库	南侧	紧邻	0.26	6.53	1/40	3.14×10^{-3}
	职工商住楼		约 20m	7.62×10^{-3}	0.19	1	4.58×10^{-3}
	任河街沿街商业楼		约 48m	1.63×10^{-3}	0.04	1	9.72×10^{-4}
3	名豪百年商业文化广场	西侧	约 37m	2.66×10^{-3}	0.07	1	1.65×10^{-3}
4	核磁共振室、更衣室、设备间等	北侧	紧邻	0.26	6.53	1/2	0.08
	核磁共振室的控制室		紧邻	0.01	0.23	1	0.01

续表 11 环境影响分析

表 11-7 介入手术室外公众成员年有效剂量估算表							
序号	名称	方位	最小距离	关注点最大周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)		居留因子	年有效剂量 (mSv/a)
				透视	摄影		
4	阅片室、值班室等	北侧	约 10m	0.02	0.56	1	0.01
	名豪百年商业文化广场		约 25m	5.23×10^{-3}	0.13	1	3.14×10^{-3}
5	门诊大厅	楼上	/	0.15	3.80	1/20	4.55×10^{-3}
6	食堂	楼下	/	0.07	1.75	1	0.04

备注：①居留因子参照《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）附录 A 取值；②DSA 年透视时间约 270h，采集时间约 13.3h。③周围剂量当量率核算仅考虑了介入手术室的屏蔽防护，未考虑其他墙体等的防护。④核磁共振室的控制室的屏蔽考虑斜线屏蔽，预测距离为 6.2m，屏蔽能力为 3.33mmPb。

根据上表核算，介入手术室外公众成员的年有效剂量远低于医院年剂量管理目标值 0.1mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求。

(3) 剂量估算结论

综上所述，根据医院提供的计划手术量，合理分配手术量、放射工作人员规范使用防护用品的前提下，从事介入手术的医生和护士的年有效剂量低于放射工作人员剂量管理目标值 5mSv/a，公众成员年有效剂量也低于医院管理目标值 0.1mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

11.2.3 环境保护目标辐射环境影响分析

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 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 11-7 核算可知，在常用透视、采集工况下，介入手术室外 50m 范围内环境保护目标位置周围剂量当量率分别低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 、 $25\mu\text{Sv/h}$ ，环境保护目标的年有效剂量低于管理目标值。因此，项目所致周围 50m 范围内环境保护目标的影响甚微，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。

续表 11 环境影响分析

11.2.4 “三废”环境影响分析

(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。项目DSA运行时产生臭氧和氮氧化物量极少，介入手术室设置有排风系统，能够保证介入手术室具有良好通风。

介入手术室少量废气引至门诊住院综合楼顶排放，少量废气经空气扩散，将很快恢复到原来的空气浓度水平，不会对环境带来不利影响。

(2) 废水

项目运行产生的废水进入医院污水处理站处理，达标后排入市政管网，进入城口县城市污水处理厂进一步处理。污水处理站设计时已考虑本项目污废水。因此，项目运行产生的少量废水依托医院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。

(3) 固体废物

项目工作人员在医院总劳动定员内，生活垃圾收集后依托医院生活垃圾收运系统，交市政环卫部门处理。

项目介入手术产生的医疗废物分类收集，在介入手术室东侧污物间打包整理后，经放射诊断中心走廊、车库运至医院-2F的医疗废物暂存间暂存，并交有资质单位转运、处置。医疗废物暂存间建筑面积约21.2m²。医疗废物暂存间内设置各类型的废物收集桶，相应类别的塑料桶上粘贴中文标签，医疗废物暂存间大门张贴危险废物标识；医疗废物暂存间为封闭空间，日常不使用时锁闭大门，设专人管理，防止非工作人员接触医疗废物；面积足够暂存医院2天内产生的医疗废物；暂存间内设置紫外线消毒装置消毒，空调通风换气装置。

废的铅防护用品由医院收集、妥善保管，暂存，做好相应记录，交有资质单位处置。

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。

11.3 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

续表 11 环境影响分析

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 应用于介入手术，在对疾病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、拯救生命可以起到十分重要的作用。项目将提高医院手术部的手术条件，为抢救急危重症病人提供快速、有序、安全、有效的介入手术绿色通道，具有明显的社会效益；随着医院医疗技术与及服务水平的提高，将吸引更多的就诊人员，医院在为患者健康服务的同时也将创造更大的经济效益。项目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。同时，只有在临床上有充分理由要求，才能对已怀孕或可能怀孕的妇女进行会引起其腹部或盆腔受到照射的放射学检查，才能对儿童进行放射学检查，否则应避免 X 射线照射。

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。

11.4 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。

11.5 事故影响分析

（1）风险事故类型

X 射线装置产生的最大可信辐射事故主要是人员受到误照射。因 X 射线装置设置有专用机房，机房屏蔽体均为固定防护设施（具体为四周墙体采用砖墙+硫酸钡水泥、顶棚采用混凝土、地板采用混凝土+硫酸钡，观察窗和防护门均由有资质单位生产和安装，质量有保证），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

续表 11 环境影响分析

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 150kV、电流 110mA，采集时电压 150kV、电流 500mA，造成相关人员的误照射。

②设备正常运行条件下，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防护门被开启，造成介入手术室内外公众成员的误照射。同时，由于人员防范意识不强，或医院管理不善，误操作导致 DSA 在设备区开机出束，造成手术室内外人员受到误照射。

(2) 后果分析

①极端工况下误照射

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 150kV，电流自动跟随电压，电流不大于 110mA；项目 DSA 采集工况运行管电压也为 150kV，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 11-8。

表 11-8 介入手术室外误照射人员所受辐射剂量估算表

位置		事故情景	介入手术室外周围剂量当量率	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	地板下方	最大运行参数条件下运行，人员位于介入手术室外	126.77 μ Sv/h(透视)	21	4.44 $\times 10^{-2}$	6.36 $\times 10^{-2}$	6.36 $\times 10^{-2}$
			576.21 μ Sv/h(采集)	2	1.92 $\times 10^{-2}$		
	墙体		64.07 μ Sv/h(透视)	21	9.71 $\times 10^{-3}$	3.21 $\times 10^{-2}$	3.21 $\times 10^{-2}$
			291.27 μ Sv/h(采集)	2	2.24 $\times 10^{-2}$		

备注：仅考虑散射线，Sv/Gy=1。150kV 散射系数为 7.80×10^{-6} 。

根据核算可知，在理论可预知风险条件下，项目介入手术室外人员单台手术误照射有效剂量最大约 0.07mSv，未超过项目年剂量管理目标值。

②常规工况下误照射

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介入手术室内发生误照射辐射事故。按照 DSA 正常运行参数（采集 90kV、500mA，透视 90kV、20mA），考

续表 11 环境影响分析

虑人员受到照射的位置距离 X 射线装置靶点约 1m 且未穿戴防护用品考虑。因手术床旁和控制室均设置有急停按钮，发现人员误入或滞留介入手术室内能及时按下急停按钮停止出束。因此，透视时按下急停按钮的反应时间 2min。此外，受照时间按照单次最大采集时间 10s 以及从最不利情况考虑单台手术的最大采集和透视时间（分别约 2min 和 21min）进行估算。剂量估算情况见表 11-9。

表 11-9 介入手术室内误照射公众成员所受辐射剂量估算表

设备	事故情景	受照时间	距射线管头 1m 处周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	有效剂量 (mSv)	吸收剂量 (mGy)
DSA	采集模式	10s (单台手术单次采集时间)	3.01×10^6	8.36	8.36
		2min (单台手术最大采集时间)		100.27	100.27
	透视模式	2min (发现后使用急停按钮)	1.20×10^5	4.01	4.01
		21min (单台手术最大透视时间)		42.12	42.12

备注：1m 处发射率 $5.3\text{mGy} \cdot \text{m}^2/\text{mA} \cdot \text{min}$ 。仅考虑散射线， $\text{Sv}/\text{Gy}=1$ 。

根据以上后果分析可知，介入手术室内人员误照射情况下，人员在介入手术室内且未穿戴防护用品时，可能发生人员超年有效剂量限值的误照射的事故，即造成一般辐射事故。

(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值。

不同照射剂量的损伤估计情况见表 11-10 所示。

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，但不伴有临床症状
1~2 2~3.5 3.5~5.5 5.5~10	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

续表 11 环境影响分析

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
10~50	肠型急性放射病	频繁呕吐，腹泻严重，腹疼，血红蛋白升高
>50	脑型急性放射病	频繁呕吐，腹泻，休克，共济失调，肌张力增高，震颤，抽搐，昏睡，定向和判断力减退

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

根据上述后果分析可知，本项目DSA运行过程中的事故风险导致公众成员在机房内或机房外所受到的单次误照射辐射剂量可能会发生不明显和不易察觉的病变等情况。事故后果一般不会导致严重辐射损伤，不会造成确定性效应，但可能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撤离介入手术室时清点人数，确认没有无关人员停留在介入手术室后才开始操作。此外，在设备及控制台设置有紧急停机按钮，可避免此类事故的发生。在介入手术室内设置紧急停机按钮醒目的指示和说明，便于在紧急情况下使用。

②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。加强介入医护人员职业健康体检，发现医护人员不适合参与放射工作应及时停止工作。

⑥定期检查和提高DSA控制系统的安全性（更换密码，或这是指纹开锁等），保证

续表 11 环境影响分析

DSA控制系统只能由专职技师。

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

11.6 环保投资估算

本项目环保投资估算约 50 万，占总投资 2%，具体情况见表 11-11。

表 11-11 项目环保投资一览表

序号	辐射安全与防护设施和措施	投资（万元）
1	管理制度上墙，各处标识标牌、警示标志等	2
2	辐射安全与防护培训与考核、个人剂量检测、职业健康体检、档案建立等	6
3	个人防护用品	7
4	铅防护门、铅玻璃窗、硫酸钡、铅皮补偿等防护措施	20
5	环境影响评价、竣工验收、辐射安全许可证办理等	15
6	合计	50

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构设置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条要求：使用放射性同位素、射线装置的单位使用 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。

医院成立了以院长为组长放射防护管理领导小组，并设置专职管理人员，学历为本科；文件规定了领导小组的职责，负责全院的辐射环境管理，包括管理制度的建立、修订，人员的培训、考核及职业健康体检、个人剂量检测，建立档案，辐射环境监测等。医院现有的辐射安全与环境保护管理机构设置符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求。项目开展后，目前医院的管理机构和管理人员也能满足相关要求。因此，项目的辐射环境管理可直接纳入现有管理机构管理。

12.2 放射工作人员及培训

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，医院现有放射工作人员 23 人，包括技师、护士、医师。现有放射工作人员全部参加了辐射安全与防护培训，并考核合格后上岗。项目的放射工作人员包括技师、护士和介入手术医生，由医院内现有放射工作人员或者新培养的放射工作人员担任，均按照上述要求管理就能满足相关标准要求。

续表 12 辐射安全管理

12.3 辐射安全管理制度、档案等

12.3.1 规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条规定：使用放射性同位素、射线装置的单位申请领取许可证，应当建立有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护、安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、台账管理制度、监测方案。目前医院已制定了一系列管理制度，大部分制度以文件的形式发布。医院已制定《放射防护领导小组职责》、《放射诊疗设备安全操作规程》、《放射科放射防护管理制度》、《放射安全防护规章制度》、《放射卫生档案管理制度》、《介入手术室护师（士）职责》、《DSA 设备使用制度和维修保养制度》。

上述各种制度考虑到了核技术利用项目的操作使用和安全防护，具有一定的可操作性。虽然医院在此之前按照各项管理制度执行，到目前为止未发生过放射事故。但医院应补充《放射工作人员培训制度》、《放射工作人员健康管理制度》、《辐射工作人员剂量监测管理制度》、《辐射安全防护监测制度》、《放射设备台账管理制度》、《放射工作场所环境监测计划》等制度。

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

12.3.2 个人剂量管理

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第二十三条规定：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案。个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满 75 周岁，或者停止辐射工作 30 年。另放射工作人员上岗期间，必须正确佩戴个人剂量计，并对个人剂量计严格管理，不允许将个人剂量片相互传借，不允许将个人剂量片带出医院。

医院现有放射工作人员均配置了个人剂量计，每 3 个月进行一次个人剂量监测。根据医院 2021 年个人剂量监测结果，所有放射工作人员的年剂量均小于 5mSv/a，未超过医院的年有效剂量管理目标值 5mSv/a。

续表 12 辐射安全管理

12.3.3 职业健康体检

放射工作人员上岗前，应进行岗前职业健康检查，符合放射工作人员健康标准的方可参加相应的辐射工作。

从事辐射工作期间，放射工作人员应定期进行职业健康检查，两次检查的时间间隔不应超过 2 年，必要时可增加临时性检查。对不适宜继续从事辐射工作的，应脱离辐射工作岗位，并进行离岗前的职业健康检查。项目单位应建立和保存放射工作人员的健康档案。

根据调查，医院现有放射工作人员均按照要求在每两年进行一次职业健康体检，目前在岗放射工作人员均无体检异常，无疑似职业病人员。待本项目放射工作人员落实到位后，也按照要求进行岗前职业健康体检，并按照相关要求进行了复检，并建立相应档案。

12.3.4 年度评估

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第十二条规定：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

医院已按照上述要求每年均按要求提交了上一年度的年度评估报告，医院今后仍应继续落实年度评估制度，于每年 1 月 31 日前均向原发证机关提交年度评估报告。年度评估报告应包括核素使用记录、医用 X 射线装置台账、辐射安全和防护设施的运行与维护、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、事故和应急以及档案管理等方面的内容。

同时，该年度评估的要求应纳入医院的辐射环境管理制度中。

12.3.5 档案管理

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”。

根据调查，医院已认真落实了相关制度和规定，建立了放射工作人员的职业健康体检档案、个人剂量监测档案、辐射安全培训考核档案，也将年度评估报告、管理制度、射线装置材料、环保手续、放射工作场所监测等分类建立了档案保存。各档案信息齐全，满足《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的规定。

续表 12 辐射安全管理

12.4 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。

医院已建立了辐射环境安全管理体系，明确了医院各层次人员的职责、不断识别医院内部核安全文化的薄弱处并加以纠正，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，确保项目的辐射安全。

具体操作参考如下：

- ①医院组织核安全文化培训，制定出符合自身发展规划的核安全文化；
- ②医院建立有关的部门管理，通过专项的管理能够让核安全文化一步步落实到员工的工作过程中，并让核安全文化建设更加有效。

12.5 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）、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（第七条）的相关规定，医院从事本项目辐射活动的的能力评价如表 12-1。

表 12-1 医院从事本项目辐射活动能力评价表

应具备条件	落实情况
使用 I 类、II 类、III 类放射源，使用 I 类、II 类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；其他辐射工作单位应当有 1 名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作。	已成立放射防护管理领导小组，负责医院的辐射安全与防护管理工作，并设置 1 名专职管理人员，学历为本科。
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。	项目放射工作人员从医院劳动定员中调配和培养。医院已制定培训计划，医院将按照制度落实，放射工作人员培训考核后上岗。
放射性同位素与射线装置使用场所所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	DSA 及控制台设急停按钮，设置门灯连锁装置，门口显眼位置设置电离辐射警示标识和警示语，警示无关人员远离介入手术室。

续表 12 辐射安全管理

续表 12-1 医院从事本项目辐射活动能力评价表	
应具备条件	落实情况
配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。使用非密封放射性物质的单位还应当有表面污染监测仪。	本项目为放射工作人员配备个人剂量测量报警。
有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	医院现有辐射环境管理制度较齐全，待项目建成后，相应制度张贴上墙。
有完善的辐射事故应急措施。	已制定了辐射事故应急处置措施。

根据上表可知，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，但医院还应针对介入手术中心的管理，调整相关制度。医院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。

12.6 辐射监测

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中的相关要求，建设单位应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托有资质的环境监测机构进行监测，并将监测记录资料统计结果及时上报主管部门，以便主管部门及时了解项目安全运行情况。

根据调查，医院委托有资质单位每季度对放射工作人员个人剂量计进行监测，监测结果远低于医院年剂量约束限值；委托有资质单位每年对现有辐射工作场所进行监测，监测结果均满足相关标准的要求，现有辐射项目运行对周围环境和人员的影响满足要求。

医院拟制定《放射工作场所环境监测计划》，包括工作场所监测及个人剂量监测等，以满足相关要求。监测后做好监测记录，存档备查。

根据相关要求，项目涉及的具体辐射监测内容包括：

(1) 个人剂量监测

对放射工作人员进行个人照射累积剂量监测。要求放射工作人员在工作时必须正确佩戴个人剂量计，并将个人剂量结果存入档案。

监测单位：具有个人剂量监测资质的单位；

续表 12 辐射安全管理

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。

监测结果处理：年剂量超过 5mSv，报告发证机关，开展调查，根据调查结果作出相应整改等。

(2) 工作场所环境监测

医院应对介入手术室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：按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求监测。主要监测位置为：机房四周墙体、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。

12.7 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《放射事故应急处理预案》（简称《预案》）。《预案》中医院成立了放射事故应急处理工作领导小组；领导小组的主要职责是负责编制应急处置预案，对突发辐射事故事件的统一领导、统一指挥，作出处置的重大决策，决定辐射事故的应急响应终止。《预案》还明确辐射事故的预防、应急处置措施、辐射事故报告电话及流程、应急响应的启动和终止等。医院还应在制度上完善应急能力的培训、演练等要求。

根据调查，医院近两年未开展应急演练。

(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

续表 12 辐射安全管理

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、县生态环境部门报告。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。

报告联系电话如下：

政务服务便民热线：12345

重庆市卫健委电话：023-67706707

城口县生态环境局：023-59222621

城口县卫健委电话：023-59222530

应急措施如下：

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

④派专人配合主管部门对事故进行调查，查明事故原因。

⑤事故处理后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。

12.8 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。建设项目正式投产运行前，建设单位应当如实查验、监测项目环境保护设施运行情况，编制验收（调查）报告，完成自主竣工环保验收工作。同时，项目建成后，应及时更换《辐射安全许可证》，在许可范围内从事核技术利用项目。

项目竣工环境保护验收一览表见表 12-2。

续表 12 辐射安全管理

表 12-2 项目环保设施竣工验收内容及管理要求一览表			
序号	验收内容	本项目验收要求	备注
1	环保文件	环评报告、环评批复、验收监测报告等齐全	/
2	剂量控制	放射工作人员年有效剂量<5mSv 机房外公众成员年有效剂量<0.1mSv	GB18871-2002 GBZ130-2020 及医院管理要求
3	人员要求	组织放射工作人员参加辐射安全与防护知识的培训，并经考核合格后上岗，按要求定期组织复训	公告 2019 年第 57 号等相关要求
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（单管头，II 类射线装置）	
6	辐射安全防护措施	<p>①介入手术室各防护门均设置门灯连锁系统，防护门外上方设置醒目的工作状态指示灯，灯箱上设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句。在防护门关闭时，指示灯亮，警示无关人员远离该区域。</p> <p>②介入手术室各防护门外均设置电离辐射警告标志，同时在前室放射防护注意事项告知栏。</p> <p>③制度上墙（操作规程、应急程序等）。</p> <p>④介入手术室设置机械通风系统，保持良好通风，介入手术室内不得堆放无关杂物。</p> <p>⑤电动推拉门设置防夹装置和闭门措施；平开机房门设置自动闭门装置；</p> <p>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。</p> <p>⑦介入手术室四周墙体、顶棚、地板、防护门、观察窗有足够的屏蔽防护能力，穿墙管线不得影响屏蔽防护效果。</p>	
7	防护用品	<p>每名介入手术医护人员在铅防护衣内外各佩戴 1 枚个人剂量计，技师配置 1 枚个人剂量计。</p> <p>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；床侧防护帘/床侧防护屏、铅悬挂防护屏/铅防护帘 1 套，移动铅屏风 1 扇；铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套 1 套。防护用品的铅当量满足标准要求。</p>	
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 结论及建议

13.1 项目概况

城口县人民医院在重庆市城口县葛城街道文化路 14 号门诊住院综合楼-2F 西部建设介入手术中心，并配置 1 台 DSA（Ⅱ类射线装置）开展介入手术工作。项目总建筑面积约 204.8m²，总投资约 2500 万元，其中环保投资约 50 万元。

13.2 实践正当性

医院 DSA 的使用，在疾病诊断和手术辅助方面有其他技术无法替代的特点，对保障健康、拯救生命起了十分重要的作用，对受电离辐射照射的个人和社会所带来的利益远大于其引起的辐射危害，项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

13.3 产业政策符合性

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

根据监测统计结果，项目所在地的环境 γ 辐射剂量率监测值在 68.5nGy/h~97.5nGy/h 之间（未扣除宇宙射线响应值），与重庆市 2021 年环境地表 γ 空气吸收剂量率无明显差异。项目周围环境的辐射环境质量现状无异常。

13.5 选址可行性及布局合理性

介入手术中心位于住院综合楼-2F 西部，该楼层仅布置放射诊断中心、介入手术中心以及设备用房、车库，无关人流相对较少，对公众的辐射影响小。因此，介入手术中心选址合理。

介入手术中心内设 1 间介入手术室，并设置有专用控制廊、设备室。介入手术中心以介入手术室为核心，根据手术流程，布置各类辅助用房，功能齐全。此外，介入手术中心的介入手术室设置了 3 个防护门，分别用于工作人员、患者进出及污物运出，通道独立，互不干扰。因此，介入手术中心平面布局合理。

13.6 辐射防护与安全措施结论

（1）辐射工作场所分区管理

医院根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求，将辐射

续表 13 结论及建议

工作场所划分为控制区和监督区，将介入手术室（手术区和设备区）划分为控制区，机房周围相邻区域及的楼上楼下机房对应区域划分为监督区。

(2) 介入手术室屏蔽防护

本项目介入手术室有效使用面积为 59.49m²，最小单边长度为 7.39m，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。介入手术室四周墙体、顶棚、地板、防护门、观察窗屏蔽防护设计大于 2mmPb，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的屏蔽防护厚度要求。介入手术室的穿墙管线采用直穿方式并包裹 2mmPb 铅皮进行补偿，不影响介入手术室的防护效能。

(3) 安全联锁装置及其他措施

项目配置的 DSA 具有多种固有安全防护措施并符合相关标准要求，DSA 设备上及控制台上均设置急停开关，配置 1 套铅悬挂防护屏/铅防护吊帘、床侧防护帘/床侧防护屏、移动铅屏风等辅助防护设施；并按标准要求配备介入手术人员及患者防护用品。项目介入手术室设置 1 扇观察窗，能全方位地观察介入手术室内各处。介入手术室设置 3 个防护门（介入手术医护人员进出门、患者进出防护门、污物运出防护门）；各防护门均设置门灯联锁系统，门上设置电离辐射警告标志，在各防护门外上方设置醒目的工作状态指示灯。患者进出门、污物运出门为电动推拉门，设置防夹装置，其余为平开门，设置自动闭门装置。从事介入手术的医护人员在铅衣内外各佩戴 1 枚个人剂量计，合理分配工作量，其余放射工作人员各配置 1 枚个人剂量计。

经分析，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。

13.7 环境影响分析

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

(2) 剂量估算：根据医院提供的工作负荷核算，假设本项目介入手术室内手术均由一组手术医护人员完成，介入手术室内从事介入手术的医护人员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。介入医护人员正确佩戴和按时监测个人剂量计，保证医护人

续表 13 结论及建议

员的年剂量低于放射工作人员剂量管理目标（5mSv/a），满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

同时，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），满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

（3）环境保护目标影响：通过核算可知，介入手术室外公众成员的年有效剂量低于0.1mSv/a。因此，项目所致周围50m范围内环境保护目标的辐射影响满足相应标准和要求，项目的辐射环境影响是可以接受的。

（4）“三废”影响：项目DSA运行时产生臭氧和氮氧化物量极少，介入手术室采取强制排风系统进行通风换气，介入手术室内设置1个排气吸风口，介入手术室内废气经其收集后引至门诊住院综合楼楼顶排放，排放后废气经大气扩散和分解后，对周围环境影响小。项目放射工作人员等产生的废水依托医院的污水处理站处理，医疗废物依托医院的医疗废物暂存间暂存后交有资质单位处理，生活垃圾交市政环卫部门处理，废的铅防护用品由医院收集后妥善保管，做好相应记录，交有资质的单位处理。项目各污染物均能得到有效处理。

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

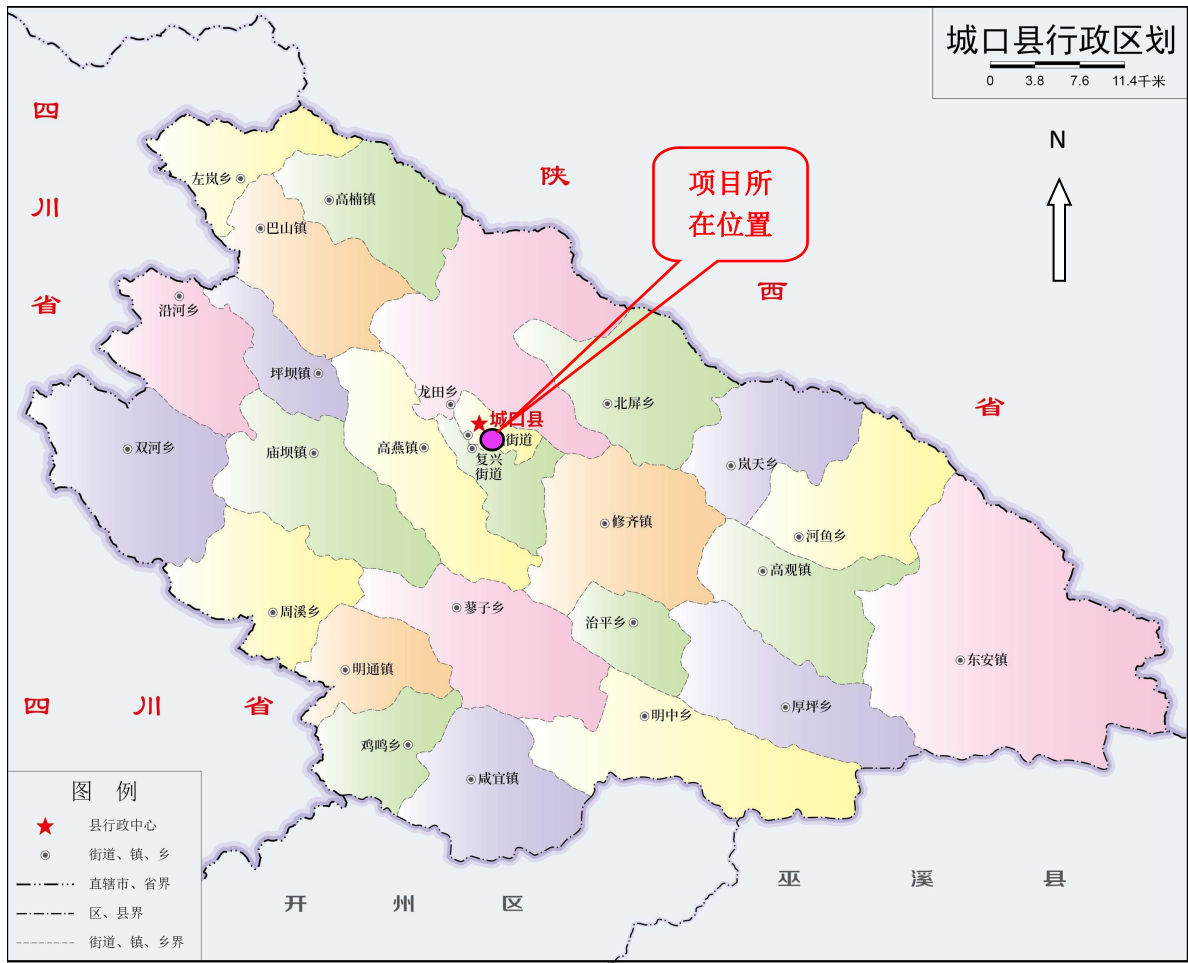
13.8 辐射与环境保护管理

医院成立了放射防护领导小组，各项规章制度、操作规程、应急处理措施基本健全、具有可操作性。医院应严格执行各项规章制度，放射工作人员须经辐射防护与安全培训并考核合格后才能上岗，在工作时正确佩戴个人剂量计，定期进行检测并进行职业健康体检。医院还应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，城口县人民医院住院综合楼建设项目（辐射部分）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。在制定的辐射安全

续表 13 结论及建议

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。



审图号:渝S(2020)074号

重庆市规划和自然资源局 重庆市民政局 监制 二〇二一年十月



附图一 地理位置图