核技术利用项目

江北区人民医院新增放射科业务用房

改造工程（DSA 部分）

环境影响报告表

建设单位：重庆市红十字会医院（江北区人民医院）

编制单位：重庆宏伟环保工程有限公司

编制时间：2021 年 9 月

生态环境部监制

打印编号：1631255746000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	50np6u
建设项目名称	江北区人民医院新增放射科业务用房改造工程（DSA部分）
建设项目类别	55--172核技术利用建设项目
环境影响评价文件类型	报告表
一、建设单位情况	
单位名称（盖章）	重庆市红十字会医院（江北区人民医院）
统一社会信用代码	12500105581457 93XT
法定代表人（签章）	何建国
主要负责人（签字）	何建国
直接负责的主管人员（签字）	张洪亮
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
陈玲	2014035550350000003511550077	BH004749	

2. 主要编制人员

姓名	主要编写内容	信用编号	签字
周欢	项目基本情况、放射源、非密封放射性物质、射线装置、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	BH042644	

表 1　项目基本情况

<table>
<tr><td colspan="2">建设项目名称</td><td colspan="5">江北区人民医院新增放射科业务用房改造工程（DSA 部分）</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设单位</td><td colspan="5">重庆市红十字会医院（江北区人民医院）</td></tr>
<tr><td colspan="2">法人代表</td><td>何建国</td><td>联系人</td><td>张洪亮</td><td>联系电话</td><td>13*******12</td></tr>
<tr><td colspan="2">注册地址</td><td colspan="5">重庆市江北区嘉陵一村 1 号</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目建设地点</td><td colspan="5">重庆市江北区嘉陵一村 1 号重庆市红十字会医院医技楼（3 号楼）</td></tr>
<tr><td colspan="2">立项审批部门</td><td colspan="2">重庆市江北区发展和改革委员会</td><td>项目代码</td><td colspan="2">2108-500105-04-05-996566</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设项目总投资（万元）</td><td>140</td><td>项目环保投资（万元）</td><td>14</td><td>投资比例（环保投资/总投资）</td><td>10%</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目性质</td><td colspan="3">☑新建　☐改扩建　☐其他</td><td>占地面积（㎡）</td><td>/</td></tr>
<tr><td rowspan="9">应用类型</td><td rowspan="2">放射源</td><td>□销售</td><td colspan="4">□I 类　□II 类　□III 类　□IV 类　☐V 类</td></tr>
<tr><td>□使用</td><td colspan="4">□I 类（医疗使用）　□II 类　□III 类　□IV 类　□V 类</td></tr>
<tr><td rowspan="3">非密封放射性物质</td><td>□生产</td><td colspan="4">□制备 PET 用放射性药物</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="4">/</td></tr>
<tr><td>□使用</td><td colspan="4">□乙　□丙</td></tr>
<tr><td rowspan="3">射线装置</td><td>□生产</td><td colspan="4">□II 类　□III 类</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="4">□II 类　□III 类</td></tr>
<tr><td>☑使用</td><td colspan="4">☑II 类　□III 类</td></tr>
<tr><td>其他</td><td colspan="5">无</td></tr>
</table>

1.1 医院概况

重庆市红十字会医院（江北区人民医院）是由始建于 1911 年的“重庆市红十字会医院”与始建于 1952 年的“重庆市江北区第一人民医院”在 2010 年 12 月合并而成。是集医疗、教学、科研、预防保健为一体的二级甲等综合医院。

医院由院本部和四个院区（猫儿石院区/猫儿石社区卫生服务中心、复盛院区/复盛社区卫生服务中心、兰溪院区、蔡家分院）及建设中的两江分院、规划中的江北区五里店新院区组成。

续表 1　项目基本情况

其中医院院本部位于重庆市江北区嘉陵一村 1 号，占地面积 23.5 亩，业务用房面积 39744 ㎡。医院现有大楼包括 1 号楼（医疗综合楼）、2 号楼（住宅楼（急诊科））、3 号楼（医技楼）、5 号楼（内科住院楼）、6 号楼（感染门诊）及装修中的一栋医疗大楼。医院拥有进口 1.5T 光纤核磁共振、螺旋 CT、全数码乳腺钼靶机、CR、DR 等医疗设备。设职能科室 19 个，临床和医技科室 35 个。

1.2 项目由来

为提高医院医疗能力，提升医疗技术水平，重庆市红十字会医院（江北区人民医院）拟对院本部 3 号楼（医技楼）1 层北侧区域重新进行改造和装修，将 1 层北侧原有感染科门诊、候诊大厅等用房改造为 DSA 介入手术工作场所和 CT 影像诊断工作场所，并配置 1 台 DSA 和 1 台 CT，分别用于开展心血管、外周等介入手术和影像诊断工作。其中 CT 影像诊断部分已完成备案登记，备案编号：202150010500000090，不在本次评价范围。

根据《射线装置分类》（原环境保护部和国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号），数字减影血管造影 X 射线装置（DSA）属于II类射线装置。根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》以及《建设项目环境保护管理条例》的相关规定，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》（2021 年版）中第五十五项：核与辐射中第 172 条：使用II类射线装置的项目应编制环境影响报告表。

重庆市红十字会医院（江北区人民医院）委托重庆宏伟环保工程有限公司对“江北区人民医院新增放射科业务用房改造工程项目（DSA 部分）”进行环境影响评价。评价单位在进行现场踏勘及收集有关资料的基础之上，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《江北区人民医院新增放射科业务用房改造工程项目（DSA 部分）环境影响报告表》。

1.3 项目概况

1.3.1 项目组成

项目名称：江北区人民医院新增放射科业务用房改造工程项目（DSA 部分）

续表 1　项目基本情况

建设单位：重庆市红十字会医院（江北区人民医院）

建设地址：重庆市江北区嘉陵一村 1 号重庆市红十字会医院（江北区人民医院）3 号楼（医技楼）1 层介入治疗室（以下均称 DSA 机房）

建设性质：新建

建设规模和内容：利用医院 3 号楼（以下均称医技楼）1 层原有候诊大厅、感染门诊等场所改建为 DSA 介入手术工作场所。项目用房包括 1 间 DSA 机房、1 间控制室、1 间设备间及介入手术人员更衣间等辅助用房，并配置 1 台 DSA（型号 IGS，单管头，额定电压 125kV，额定电流 1000mA），开展介入放射诊疗工作。项目建筑面积约 150 ㎡，总投资约 140 万元，其中环保投资约 14 万元。

建设进度：工期 3 个月。

本项目组成情况见下表 1-1。

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	DSA 机房	位于医技楼 1 层北侧，机房有效内空尺寸：长×宽×高=6.3m×6.1m×3.5m，有效使用面积约 38 ㎡	依托原有用房改建
	设备	DSA 机房内安装 1 台 DSA（II类射线装置， GE IGS，单管头），额定电压 125kV，额定电流 1000mA	新购
辅助工程	控制室	位于 DSA 机房西侧，面积约 12m^2，与 DSA 机房共用隔墙上设置观察窗和工作人员出入门	依托原有用房改建
	设备间	位于 DSA 机房西南侧，独立用房，放置 DSA 设备高压发生器等配套设施	
	手术辅助用房	包括：介入手术人员更衣间、洗手区、物品存放间等用房，工作人员手术辅助用房区域与患者出入区域相对独立	
公用工程	给水	由城市供水管网提供，依托医院已有供水管网	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	在 机房西墙（与控制室共用墙）上方靠近顶棚处设置 1 个机械排风扇，并连接管道，排风口位于控制室西侧室外道路	新建工作场所通风设施

续表 1　项目基本情况

续表 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
环保工程	废水	依托医院现有污水管网收集、污水处理站处理后经市政污水管网排入唐家沱污水处理厂处理 污水处理站位于医院医技楼南侧，设计处理能力 320m³/d	依托
	固废	生活垃圾收集后交市政环卫部门处理	依托
		在内科住院楼西南面设医疗废物暂存间 1 处，约 20 ㎡；医疗废物收集后暂存于医疗废物暂存间，交有资质的单位处置	依托
		废铅防护用品按有关规定由医院收集、暂存后妥善处置，并做好相应记录	/
	废气	在机房西墙上方设置机械排风扇，排风扇离地高度约 3m，在穿墙区域做防护补偿	新建
	辐射防护	采用实心砖、防护板、铅玻璃、铅防护门等屏蔽材料进行屏蔽。设置对讲装置、门灯联锁、电离辐射警示标志、工作状态指示灯、急停开关等	屏蔽体均为新建

1.3.2 屏蔽防护设计

介入手术工作场所由医技楼 1 层原有候诊大厅和感染门诊诊室等用房改建而成，保留了工作场所承重结构和部分原有墙体，采用新砌隔墙、封堵原有部分门窗，新开门窗、新增屏蔽材料等改造方案。DSA 工作场所改造情况见表 1-2，改造后 DSA 机房屏蔽防护方案具体情况见表 1-3。

表 1-2　介入工作场所改造前后对照表

序号	场所名称	改造前用途	改造方案	备注
1	DSA 机房	候诊大厅	拆除北侧原有大楼入口处玻璃门。使用实心砖重新砌筑四周墙体，南墙和西墙分别预留患者出入、控制室等门窗孔洞。 另在机房四周墙体批荡硫酸钡水泥，大楼楼板原为空心预制板，本次拟在机房顶部采用 3mmPb 防护板作为屏蔽。机房 2 扇防护门和观察窗铅当量为 3mmPb。 新建机房机械排风设施。	保留原有场所主要结构

续表 1　项目基本情况

续表 1-2　介入工作场所改造前后对照表

序号	场所名称	改造前用途	改造方案	备注
2	控制室	候诊大厅	保留房间原有主体结构（门窗、墙体、楼板），新建与 DSA 共用隔墙，南墙开工作人员通道门（普通门）	保留原有场所主要结构
3	设备间	感染门诊	保留房间原有主体结构（门窗、墙体、楼板），隔出部分区域作为手术人员进出控制室通道	
4	更衣间、工作人员通道、物品暂存等手术配套区域		保留房间原有主体结构（门窗、墙体、楼板），通过内部新建墙体，新开门洞等重新进行布局，设置男女更衣室、工作人员刷手区、物品存放区等手术功能区域	

表 1-3　DSA 机房屏蔽防护情况表

屏蔽体	屏蔽防护情况			备注
	原有屏蔽结构	新增屏蔽	总防护屏蔽厚度	
四周墙体	/	37cm 实心砖+2mmPb 硫酸钡	37cm 实心砖+2mmPb 硫酸钡	新建墙体
顶棚	空心预制板	3mmPb 防护板	3mmPb	
防护门	/	3mmPb	3mmPb	
观察窗	/	3mmPb	3mmPb	

备注：实心砖密度 1.65g/cm^3、铅密度 11.3g/cm^3、硫酸钡 3.2g/cm^3。

1.3.3 相关设备配置

主要设备情况见表 1-4 所示。

表 1-4　项目主要设备一览表

序号	名称	数量	厂家及型号	管电压管电流	用途	位置	备注
1	数字减影血管造影 X 射线装置（DSA）	1 台	GE IGS	125kV 1000mA	介入手术	医技楼 1 层北侧 DSA 机房	新购

续表 1　项目基本情况

续表 1-4　项目主要设备一览表

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	供氧装置	1 套	病人供氧	DSA 机房	手术配套设备
6	除颤仪	1 台	手术配套用	DSA 机房	
7	高压注射器	1 台	手术配套用	DSA 机房	
8	吸痰器	1 台	手术配套用	DSA 机房	
9	电生理仪	1 台	手术配套用	DSA 机房	

1.4 劳动定员和工作制度

项目劳动定员 10 人，其中介入手术医生 4 人，技师 2 人，护士 2 人，影像医师 2 人，均在医院现有劳动定员中调配，不新增劳动定员。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 500 台，主要为外周介入手术（200 台/年），心血管介入手术（300 台/年）。

1.6 项目周边保护目标

项目位于江北区人民医院医技楼 1 层，根据项目周围环境保护目标分布情况，DSA 机房周围 50m 范围主要为医院用房、居民住宅楼、华新实验小学等场所，因此，确定项目环境保护目标为从事介入手术的相关工作人员以及周围公众成员。

1.7 与项目有关的环境保护问题

1.7.1 原有环保手续情况及原有环境保护问题

本项目涉及内容为利用医院医技楼内原有用房改建，该医技楼为上世纪 80 年代建筑，建设完成后，除对内部进行重新装修外，未对大楼进行整体改建。该大楼共 7 层，无地下室，本项目位于 1 层北侧，大楼北侧区域为 2 层结构，3 层为屋顶平台。医院已取得排污许可，许可证编号：125001055814579 3XT001Y。

1.7.2 与项目有关辐射环境问题

续表 1　项目基本情况

医院办理了辐射安全许可证，证号为渝环（辐）证（00069），有效期至 2021 年 12 月 1 日。根据辐射安全许可证内容，医院开展的核技术利用项目为使用III类射线装置共计 8 台。现有核技术利用项目情况见表 1-5。

表 1-5　建设单位现有核技术利用项目情况一览表

现有射线装置				环保手续
装置名称	设备型号	类别	场所	
牙科 X 光机	AUTO III ECM	III类	1 号楼 5 层口腔科	已上证
医用 CT 机	TSX-101A	III类	3 号楼 2 层 CT 检查室	已上证
DR 数字 X 光机	HLDR-50P	III类	兰溪院区 1 层 DR 检查室	已上证
DR 数字 X 光机	RAD SPEED M	III类	3 号楼 2 层 DR 检查室 1	已上证
DR 数字 X 光机	PAD SPEED M	III类	3 号楼 2 层 DR 检查室 2	已上证
骨密度仪	Discovery WI	III类	3 号楼 1 层骨密度检查室	已上证
乳腺钼靶机	Selenia	III类	3 号楼 2 层乳腺检查室	已上证
C 形臂 X 光机	Brivo OEC 850	III类	1 号楼 14 层 1 号手术室	已上证

经现场调查，医院放射工作人员配备满足原有项目使用要求，建立了个人剂量监测档案和职业健康检查档案。现有放射工作人员进行了辐射工作安全防护培训，并取得合格证。医院运营至今，辐射设备及工作场所运营良好，无辐射安全事故发生，重庆市生态环境局和江北区生态环境局也未收到环保投诉和产生环保纠纷。医院设置了辐射管理机构负责医院辐射防护管理工作，制定有满足医院原有核技术利用项目运行需求的辐射防护管理制度，制度运行良好。本项目 DSA 机房东侧为在建 CT 机房，已完成备案登记，备案编号：202150010500000090。

1.7.3 本项目与医院的依托关系

本次项目是在医院现有医技楼内，利用原有候诊大厅等区域改建而成，主体结构依托现有。

根据建设单位提供资料，医院设有 1 套污水处理装置收集处理医院的医疗废水、生活污水，位于医院医技楼南侧。该污水处理站日处理能力为 320m^3/d，现日处理量约为 180m^3/d，可接纳污水余量约为 140m^3。

对于医疗废物，医院设置有 1 间医疗废物暂存间，内置医疗废物收集桶，医疗废物分类收集和暂存。医疗废物暂存间面积约 20m^2。医疗废物建立台账，统一交由有

资质的单位处置。

项目依托情况详见表 1-6。

表 1-6　现有项目组成一览表

依托工程	依托情况	可行性分析	结论
主体工程	工作场所主体结构依托	本项目由医技楼 1 层原有候诊大厅、感染门诊（搬迁至 6 号楼感染门诊）等改建而成，本次改建，保留了用房主体结构，通过新砌隔墙和新开门窗孔洞。DSA 机房所在区域为原有候诊大厅，除承重结构外，无原有墙体，原有承重柱不影响项目布局，依托可行	可依托
公用工程	供电、供水等公用工程依托	医院供电系统、供水管网等完善，依托可行	可依托
环保工程	废水	设污水处理站 1 座，位于医院医技楼南侧，设计处理能力 320m^3/d；污水经处理达《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表 2 预处理标准后排入市政污水管网，再经唐家沱污水处理厂进一步处理后外排	可依托
	固体废物	生活垃圾袋装后交市政环卫部门处置	可依托
		具有回收价值的包装等交物资回收单位回收	
		内科住院楼西南侧设医疗废物暂存间，建筑面积 20 ㎡；医疗废物经收集后由污物通道运至医疗废物暂存间暂存，并定期交资质单位转运并处置。本项目仅涉及一台 DSA，医疗废物产生量小，利用医院原有医疗废物暂存间可行	
劳动定员	辐射工作人员	医院设置有心血管内科、放射科等临床医技科室，本项目工作人员拟由各相关科室调配，不新增医院总劳动定员	可依托
管理	辐射环境管理	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。	可依托

项目依托医院现有的主体结构、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等是可行的。

1.7.4 本项目与医院发展的衔接

本项目建设 DSA 介入治疗项目，目的是提高医院医疗救治能力，满足群众就医需求，减轻病员外出就医负担，为心血管等病人争取最佳抢救时机，提高后期生活质

续表 1　项目基本情况

量。建成后，项目将涉及心血管介入、外周介入手术，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》（GB 18871-2002）。

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	IGS	125	1000	介入手术	医技楼 1 层 DSA 机房	拟购

（三）中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压（kV）	最大靶电流（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
本项目不产生放射性废物。								

注：1、常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/l，固态为 mg/kg，气态为 mg/m^3；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/m^3）和活度（Bq）。

表 6　评价依据

法规文件	（1）　《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日施行修订版； （2）　《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日最新修订； （3）　《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日施行； （4）　《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日施行修订版； （5）　《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令第 449 号，2005 年 12 月 21 日施行，2014 年 7 月 29 日修订实施；国务院令第 653 号，2014 年 7 月 29 日修订实施；国务院令第 709 号，2019 年 3 月 2 日修订实施； （6）　《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 日生态环境部令第 20 号第四次修订实施； （7）　《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环保部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日施行； （8）　《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）； （9）　《射线装置分类》，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； （10）　《重庆市环境保护条例》，2018 年 7 月 26 日施行修订版； （11）　《重庆市辐射污染防治办法》（重庆市人民政府令第 338 号），2021 年 1 月 1 日施行。 （12）　重庆市环境保护局关于印发《重庆市放射性同位素与射线装置辐射安全许可管理规定》的通知，渝环[2017]242 号；

续表 6　评价依据

技术标准技术规范	（1）　《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）； （2）　《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）； （3）　《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； （4）　《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）； （5）　《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）； （6）　《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分：化学有害因素（一）》（GBZ2.1-2019）； （7）　参照《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》（WS76-2020）。
其他	（1）　环境影响评价委托书； （2）　NCRP147 号报告《Structural shielding Design for Medical X-ray Imaging Facilities》； （3）　《辐射防护导论》； （4）　医院提供的其他资料。

表 7　保护目标与评价标准

7.1 评价范围

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 DSA 机房边界外 50m 区域作为辐射环境的评价范围。

7.2 环境保护目标

（1）3 号楼外环境概况

本项目位于医院医技楼 1 层北侧。

医技楼为低层（共 7F）建筑，其中 DSA 工作场所所在北侧共 2 层，3 层为屋顶平台。医技楼北侧为嘉华路，外为低层住宅区和华新实验小学；南侧为医院综合大楼，西侧隔马路为观音桥 COSOM 商业大楼；东侧为医院住宅楼（1F 为眼科门诊、2F 为急诊科、3~4F 为眼科病房和办公区、5 层及以上为住宅）。项目所在楼外环境情况见附图 2。

（2）项目周围环境情况

项目位于医院医技楼 1 楼北侧区域。项目用房包括 DSA 机房、控制室设备间和更衣间等。

DSA 机房东侧紧邻 CT 检查室，南侧为楼内大厅、护士站，西侧紧邻控制室，北侧为室外道路；楼上对应区为西药库房、乳腺照片室，下方无地下室。

项目评价范围（50m）内周围环境保护目标见表 7-1。

表 7-1　DSA 机房周围环境保护目标一览表

序号	名称	方位	水平最近距离	高差	环境特征及受影响人群	影响因子
1	低层住宅区	北	8m	平层	集中住宅区（7~8F），公众，约 1000 人	电离辐射

续表 7　保护目标与评价标准

续表 7-1　DSA 机房周围环境保护目标一览表

序号	名称	方位	水平最近距离	高差	环境特征及受影响人群	影响因子
2	华新实验小学	北	36m	平层	小学（教学楼，6F），公众，约 2000 人	电离辐射
3	观音桥 COSMO 商业楼	西	45m	3m	高层商业楼（约 30 层），公众，人数不定	
4	护士站	南	紧邻	平层	公众，1 人	
5	综合楼	南	22m	平层	医院用房（-2/16F），公众，人数不定	
6	控制室	西	紧邻	平层	项目辅助用房，辐射工作人员，2 人	
7	更衣、人员通道、设备间等	西南	紧邻	平层	项目辅助用房，辐射工作人员、公众，人数不定	
8	骨密度检查、值班室等	西南	7m	平层	医院用房，公众，约 10 人	
9	CT 检查室	东	紧邻	平层	医院用房，公众，约 2 人	
10	核磁检查区	东南	3m	平层	医院用房，公众，约 10 人	
11	医院住宅楼	东	15m	平层	医院高层居民楼（1~4F 为门诊、办公用房），公众，人数未定	
12	医院业务大楼（装修中）	东	45m	平层	医院用房（用途未定），公众，人数未定	
13	西药库房、乳腺照片室	楼上	/	楼上	医院用房，公众成员，人数未定	

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；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、单边长度的要求（摘录）

设备类型	机房内最小有效使用面积 [d] ㎡	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：本项目 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；

b) CT 机、乳腺摄影、乳腺 CBCT、口内牙片摄影、牙科全景摄影、牙科全景头颅摄影、口腔 CBCT 和全身骨密度仪机房外的周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h；

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
介入放射学操作	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套 选配：铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏/铅防护吊帘、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。

（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/m^3；

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/m^3。

（4）评价标准及相关参数值

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

根据医院提供的资料，医院取GB18871-2002中工作人员职业照射剂量限值的四分之一即5mSv/a作为放射工作人员的年有效剂量管理目标值；取其公众照射平均剂量估计值的四分之一即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**
透视时机房外 30cm 处	机房外周围剂量当量率不大于 2.5μSv/h		《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）
机房面积控制			**执行依据**
设备名称	机房内最小有效使用面积(㎡)	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

为掌握项目所在位置的辐射环境背景水平，委托了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 6 月 22 日

（2）监测因子：环境地表γ辐射剂量率

（3）监测报告编号为：渝泓环(监)[2021]591 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

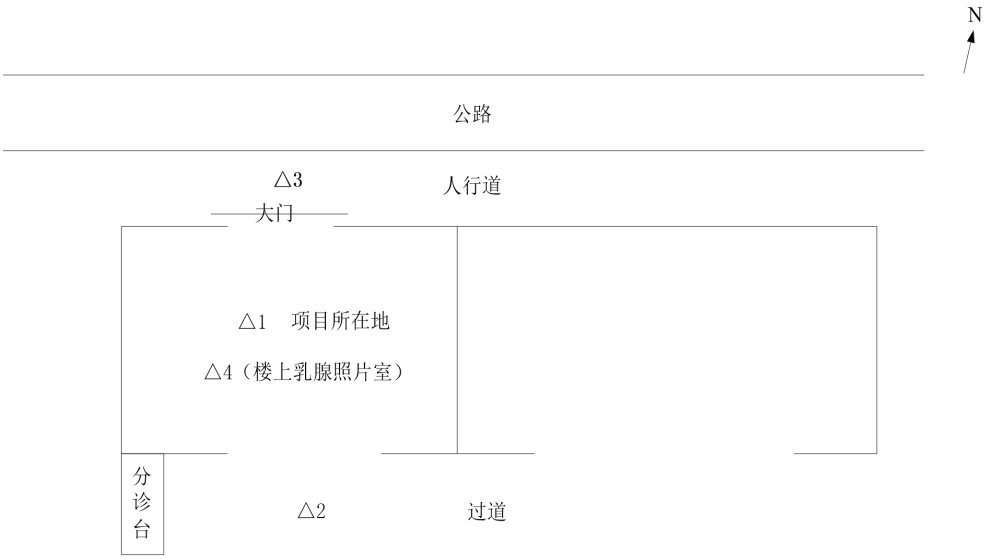
（5）监测仪器

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 4 个点，具体监测布点见图 8-1。



备注：△为环境地表γ辐射剂量率监测点位，监测高度距地面 1.0m，项目位于医院医技楼 1 楼。

图 8-1　监测布点示意图

本次监测在项目拟建 DSA 机房、机房相邻室内室外区域和楼上等均设置了监测点位，各监测点位的布设能够反映本项目用房辐射环境水平及周边区域环境地表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据量，以保证监测结果的统计学精度；监测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由技术负责人审定。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	环境地表γ辐射剂量率（nGy/h）
△1	项目拟建 DSA 机房	85
△2	医技楼一层过道	89
△3	楼上乳腺照片室（2F）	89
△4	医技楼外人行道	98

由上表可知，本项目所在工作场所及周边区域地表γ辐射剂量率的监测值在 85nGy/h～98nGy/h 之间（未扣除宇宙射线）。与《2020 年全国辐射环境质量报告》中重庆市环境地表γ空气吸收剂量率年均值范围 70.1~88.8nGy/h（未扣除宇宙射线）相比较，差异不大，项目周围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

工程设备和工艺分析

9.1 施工期污染工序及污染物产生情况

项目是在原有用房基础上进行改建，且保留了工作场所原有主体结构，未进行大面积拆改。

根据建设单位提供资料，在项目施工过程中，主要工作为新建 DSA 机房墙体和内部设施、在辅助用房区域原有墙体上新开门窗孔洞、内部装修、设备安装等，工程量小。

（1）废气

施工期的大气污染源主要为施工扬尘。

少量出渣装卸、建筑材料（白灰、水泥、沙子、石子、砖等）的现场搬运及堆放等施工活动产生扬尘。

（2）废水

施工期废水主要为工人生活污水和施工废水，项目产生的污水依托医院现有污水处理设施处理。

（3）噪声

施工过程中的噪声主要是各种施工机械、设备产生的噪声。

（4）固体废弃物

建筑垃圾送市政指定渣场处置，施工期生活垃圾统一收集后由当地环卫部门集中处置。

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

本项目配置的 DSA 属于II类射线装置，其中产生 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，通过平板探测器、计算机等方式进行成像。

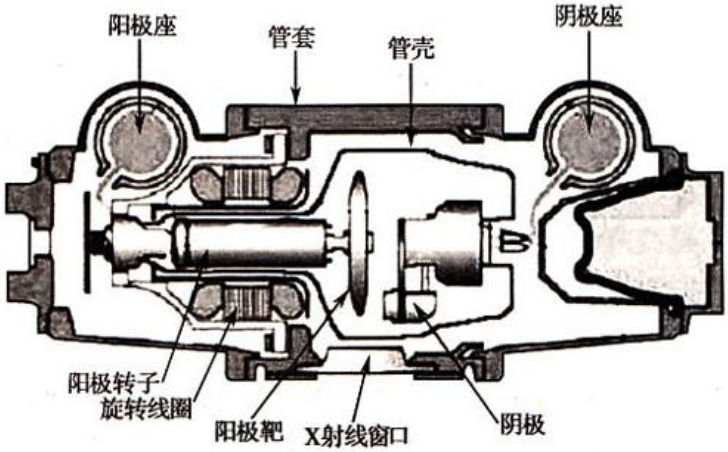


图 9-1　典型 X 射线管结构图

②DSA 工作原理

DSA 的基本原理是先后将没有注入造影剂和注入造影剂后通过人体 X 线信号进行成像，经平板探测器转化为数字图像，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，消除图像中相同结构的部分，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，本项目设备实物图如下图 9-3 所示。

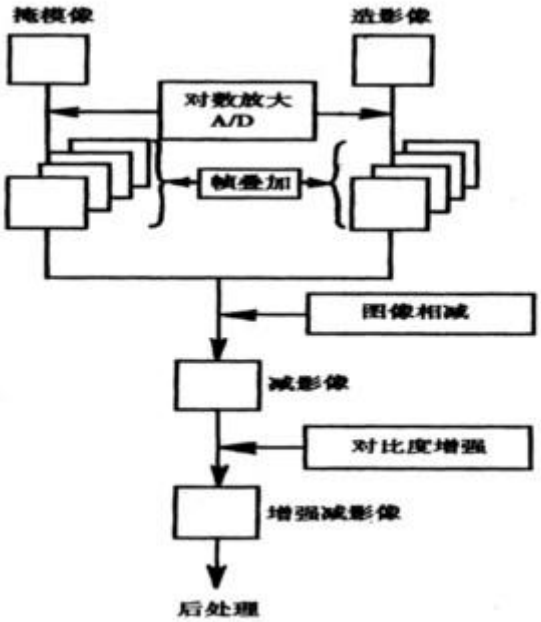


图 9-2　DSA 工作示意图

图 9-3　DSA 示例图

9.2.3 操作流程

续表 9　项目工程分析与源项

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。在介入手术过程中，介入手术医生必须在床旁并在 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 DSA 机房内由手术医生直接采集，医生与病人直接交流。在减影模式下则采取隔室操作的方式（即 DSA 技师在控制位内对病人进行曝光），医生通过铅玻璃观察窗和操作台观察机房内病人情况，并通过对讲系统与病人交流。实际操作过程中，减影模式下手术医生也可能在 DSA 机房内。无论哪种工作模式，医生在 DSA 机房内必须身着铅橡胶围裙、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 DSA 机房内对病人进行直接的介入手术操作。

DSA 操作流程及产污环节见图 9-4 所示。

续表 9　项目工程分析与源项

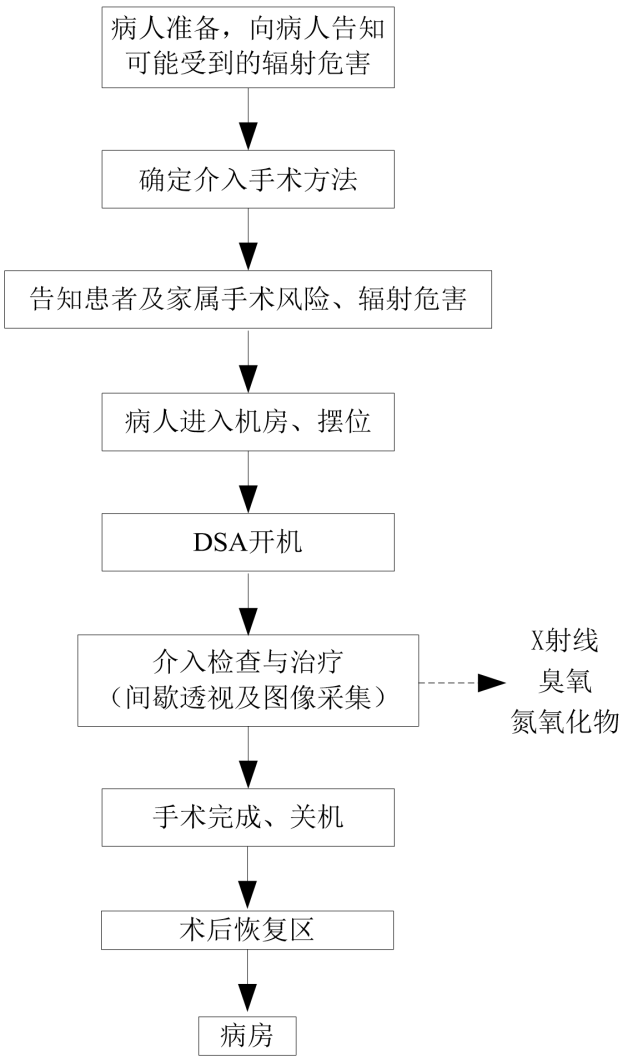


图 9-4　DSA 操作流程及产污环节图

9.2.4 污染因子

1.放射性污染因子

（1）X 射线

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

（2）放射性废物

DSA 运行过程不产生放射性废水、废气和放射性固体废物。

2.非放射性污染因子

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（O_3）。

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

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）
外周介入	手术医生 4 人、护士 2 人、技师 2 人、影像医生 2 人	200	约 10	约 33.3
心血管介入		300	约 20	约 100
小计	/	/	/	约 133.3

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）
外周介入	200	3~5	1~3	约 0.25	约 0.8
心血管介入	300	1~3	3~5	约 0.25	约 1.2
小计	/	/	/	/	约 2
总计	/	/	/	/	约 135.3

由上表可知，本项目 DSA 年透视时间约 133.3h，采集时间约 2h，DSA 总年有效开机时间约 135.3h。

9.3 污染源项描述

9.3.1 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。

（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额定电压，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额定电压，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 9-5 所示。

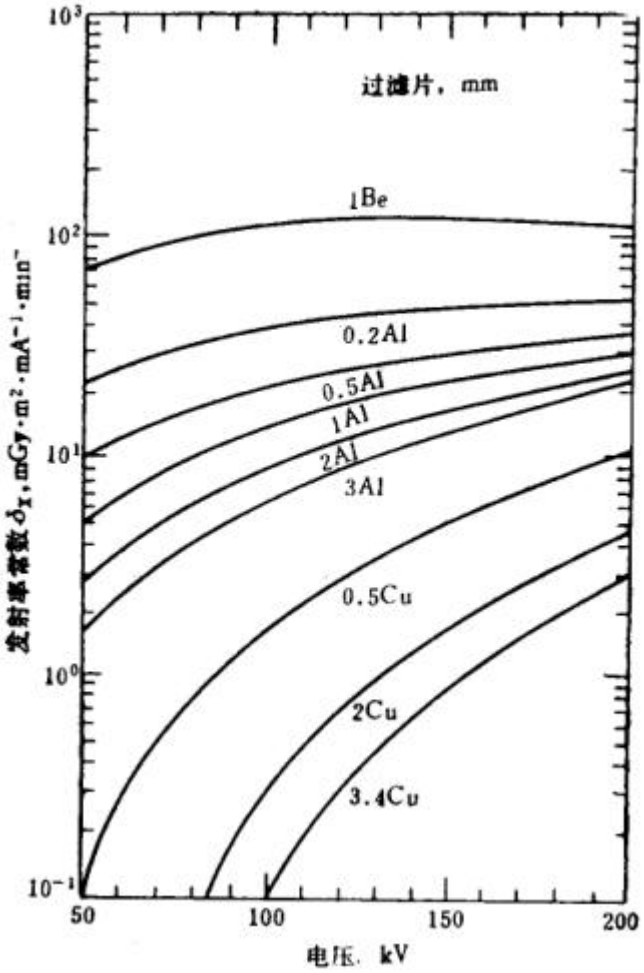


图 9-5　不同过滤材质在恒电位 X 射线发生器在离靶 1 米处的发射率

本项目 DSA 过滤板为 3mmAl，额定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　额定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	额定电压125kV	9.8mGy•㎡/mA•min
2	常用最大电压90kV	5.3mGy•㎡/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 100c ㎡区域内的平均空气比释动能不超过 1mGy/h。

（3）散射线

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

9.3.2 “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。

根据《X 射线工作场所臭氧氮氧化物浓度监测》（中国辐射卫生 1998 年第 7 卷第 3 期，郝海鹰、刘容、王玉海），在正常通风的摄片机房、透视机房、CT 室内（工作电压 70~90kV 下）射线装置正常工作 1 小时后，机房内的臭氧浓度最大为 0.064mg/m^3，氮氧化物的浓度最大为 0.042mg/m^3，远小于《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）的职业接触限制：臭氧 0.3mg/m^3、氮氧化物 5mg/m^3。

本项目 DSA 机房拟设置一个独立机械排风扇。排风扇安装在机房西墙上方靠近顶棚处，离地高度约 3m，排风扇外侧连接排风管道，管道穿过控制室，最终排放至控制室西侧室外区域，排风扇穿墙区域使用2mmPb铅板进行防护补偿。

（2）固废

介入手术过程中主要产生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。每台手术结束后，工作人员将手术产生的医疗废物整理打包，暂存在 DSA 机房内的医疗废物暂存桶内，再由专人每日清运至医院医疗废物暂存间暂存，交有资质的单位转运并处置。

DSA 在运行时均采用实时成像系统，不洗片，无洗片废液和废片产生。产生的生活垃圾收集后交环卫部门处理。项目配置了多套铅橡胶衣、帽子等含铅防护用品，在使用一定年限后屏蔽能力减弱，不能达到原有使用功能后成为报废铅防护用品，由医院收集、暂存后将厂家回收处置，并做好相应记录。

（3）废水

项目产生的少量医疗废水进入污水处理站统一处理，达标后排入市政管网。

9.3.3 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
DSA 机房	电离辐射	X 射线	距靶 1m 处有用线束的发射率：125kV 下不大于 9.8mGy•㎡/mA•min，90kV 不大于 5.3mGy•㎡/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、NOx	少量（机械排风）
	固废	医疗废物	少量（手术结束后整理打包，并统一运至医疗废物暂存间暂存，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（由医院收集、暂存后交厂家回收处置，并做好相应记录）
	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 选址与布局

10.1.1 工作场所选址合理性分析

本项目使用 DSA 设备从事介入手术工作，DSA 设备运行过程中产生电离辐射影响，其选址于医院医技楼 1 层北侧，邻近室外道路，周边常驻人员较少，且工作场所相对独立，不影响医院其他诊疗活动。另外，项目工作场所出入口直接设置在楼内过道处，便于人员和物品转运。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。

10.1.2 项目布局合理性分析

（1）布局

项目用房包括 1 间 DSA 机房、1 间控制室、1 间设备间和工作人员更衣间等配套用房，工作人员出入口设置更衣间、刷手、物品存放等区域。DSA 机房北侧靠近室外道路、南侧为室内大厅和护士站、西侧为控制室、东侧为 CT 检查室，机房上方为西药库房和乳腺照片室，下方无地下室。控制室与机房之间隔墙上设置铅玻璃观察窗，观察窗设置位置便于查看机房内患者情况。

（2）通道

放射工作人员通道（医生通道）：医护人员经走廊进入更衣间，在更衣间更衣后，通过工作人员通道进入控制室，再通过控制室进入 DSA 机房。工作完成后，医护人员原路返回。工作人员通道设置刷手池，放置铅防护用品等。

病人通道：病人直接通过 DSA 机房南侧的患者出入门由走廊进入 DSA 机房内，介入手术完成后原路返回。

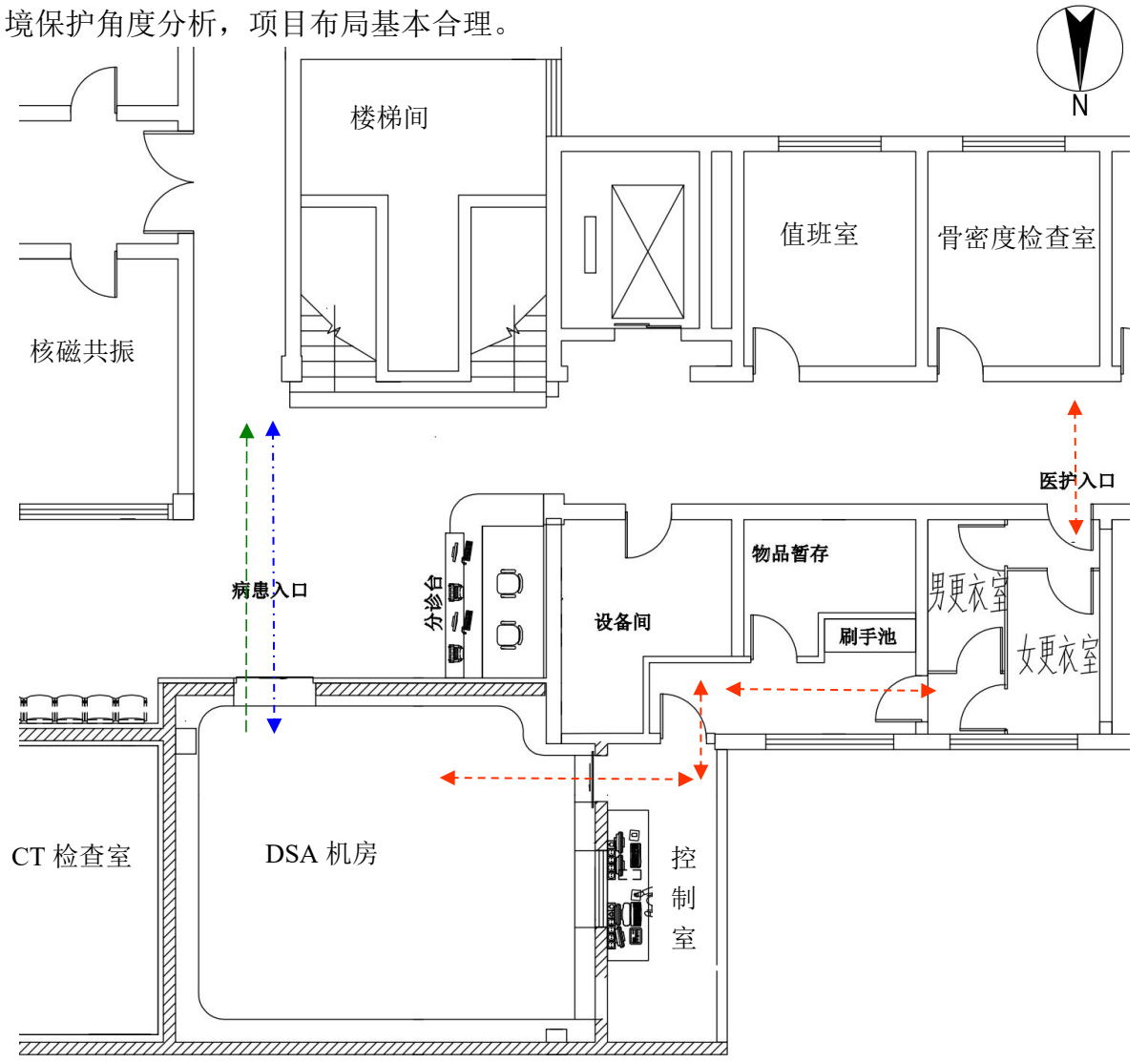
污物通道：手术期间产生医疗废物存放在 DSA 机房内的医疗废物桶内，在每天工作结束后再由 DSA 机房运出，运至医院医疗废物暂存间。污物通道依托病人通道，污物在每天工作结束后运输，与介入手术病人和医技楼一层其他诊疗工作错开时间，达到通道相对独立。

项目通道布置情况见图 10-1 所示。

（3）合理性分析

DSA 机房位于医技楼 1 层一侧，除南侧护士站外，周边相邻区域大多为公众驻留时间较短的区域。DSA 机房有独立的用房，设置 2 个防护门，分别用于工作人员进出、病人进出及污物运出，且工作人员和患者出入口位置分开，互不影响。污物运输利用患者通道，但运输时间与诊疗时间错开，整个转运过程不会与本项目患者和工作人员交叉，相互之间没有影响。控制室观察窗设置位置可以使控制室内工作人员查看介入手术患者情况，设置合理。

综上所述，项目布局考虑了不同类型通道相对独立，且利于辐射防护。从辐射环境保护角度分析，项目布局基本合理。



图例：医生通道；病人通道；污物通道

图 10-1　通道布置示意图

续表 10　辐射安全与防护

10.1.3 机房面积

本项目 DSA 为单管头设备，DSA 机房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	38	6.1	≥20	≥3.5	满足

由上表可知，本项目 DSA 机房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。

10.1.4 辐射工作场所分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，医院将项目辐射工作场所划分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

控制区：把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

监督区：这种区域未被确定为控制区，通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

表 10-2　控制区、监督区划分表

分区类型	划分区域
控制区范围	DSA 机房
监督区范围	控制室、护士站、设备间；楼上机房正对区域、机房周边相邻区域

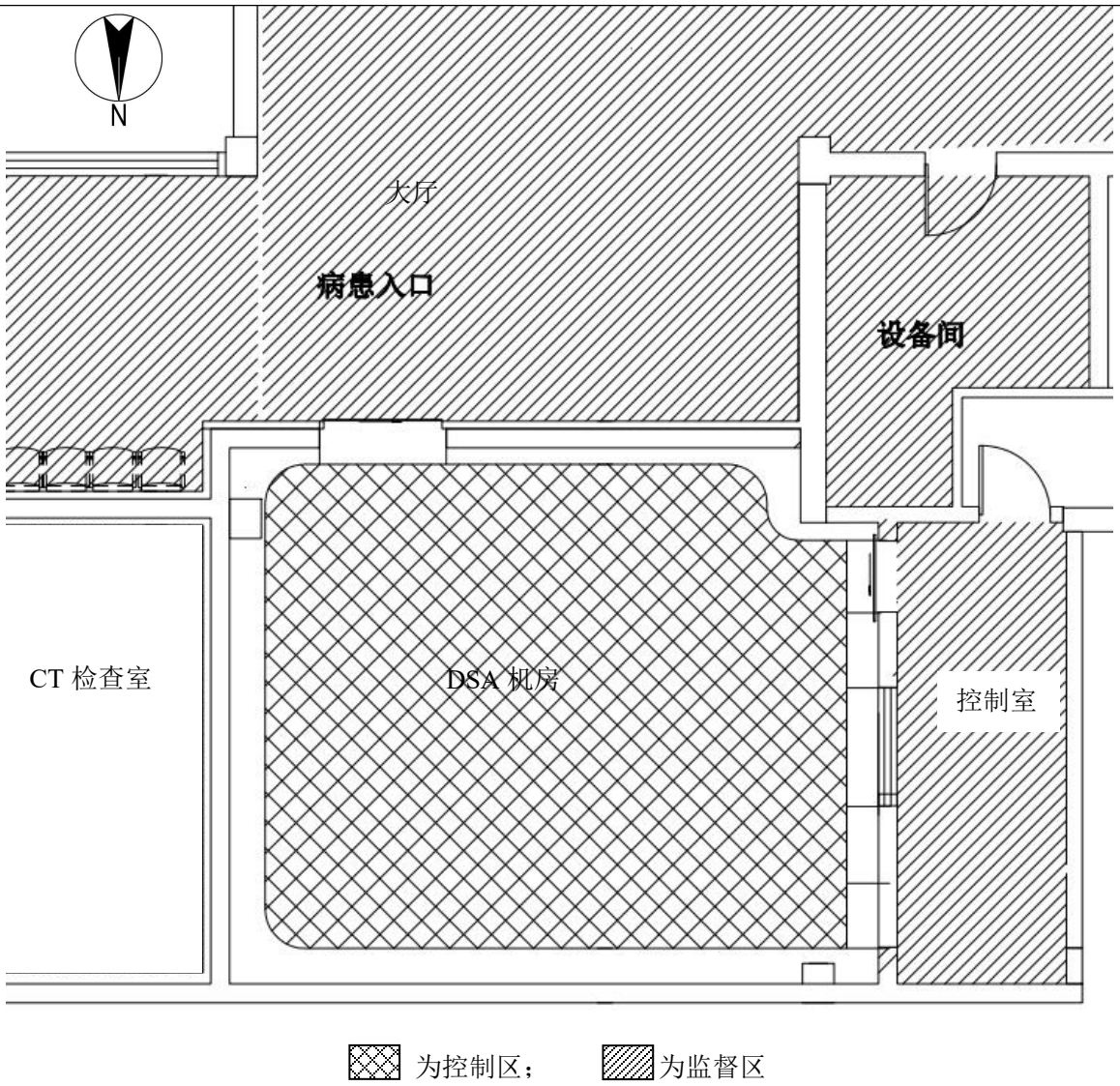


图 10-2　项目分区布置示意图

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 DSA 装置自身采取了多种固有安全防护措施：

①本项目 DSA 设可调限束装置，使装置发射的线束照射面积尽量减小，以减少泄漏辐射。透视曝光开关为常断式开关，并配备透视限时装置。DSA 具备工作人员在不变换操作位置情况下成功切换透视和采集功能的控制键。

②采用光谱过滤技术：在 X 射线管头或影像增强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。影像增强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、床侧防护帘、床侧防护屏等。

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项目 DSA 机房四周墙体采用 37cm 实心砖+2mmPb 硫酸钡作为屏蔽，铅门和观察窗均为 3mmPb；楼板为 3mmPb 防护板。根据后文计算，DSA 机房四周墙体、顶棚及地板屏蔽防护能力均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。

②DSA 机房共设置 2 道铅防护门，病人进出和工作人员进出的铅防护门均为推拉式电动气密门，设有红外线感应防夹装置，设置门灯连锁功能。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。

表 10-3　DSA 机房防护门设置情况表

防护门名称	位置	开门方式	其他
患者出入门	南侧（靠东位置，连通南侧大厅）	电动推拉门	设置红外线感应防夹装置、门灯联锁，防护门关闭状态显示“正在照射”
工作人员出入门	西侧（靠南位置，连通西侧控制室）	电动推拉门	设置红外线感应防夹装置、与门联锁的工作状态指示灯

（3）通风

设置独立机械排风扇。排风扇安装在机房西墙上方靠近顶棚处，并连接排风管道，排风扇离地高度约 3m。管道出口位于控制室西侧，外为室外道路，通风措施能够保证机房内空气质量良好。DSA机房内排风扇开孔区域使用2mmPb铅板进行防护补偿。

（4）管线进出口防护

①DSA 机房排风扇拟设置在机房西墙上方，排风扇孔洞尺寸为 300mm×300mm，排风扇安装位置距地面约 3m，穿墙口位置较高，排风扇外连接排风管道，管道出口位于控制室西墙，外为室外道路。拟在排风扇外侧管道处使用2mmPb铅板进行包裹，因此穿墙区域不影响机房屏蔽防护效果。

②电缆孔

设备电缆线等拟布设在地面电缆沟内，然后由机房和控制室共用隔墙下方呈 U 形穿过，穿墙孔位于地坪下方，不影响屏蔽防护效果。

（5）联锁系统

在 DSA 机房病人进出门及工作人员进出门设置门灯联锁系统，防护门外上方设置醒目的工作状态指示灯，灯箱上设置警示语句，在防护门关闭时，指示灯亮，警示无关人员远离该区域。

（6）警示标识

DSA 机房各防护门外均拟设置电离辐射警告标志，并写有“当心电离辐射”的警示语句；DSA 机房南侧患者入口门处拟粘贴放射防护注意事项标牌。

（7）辐射防护用品

拟在工作人员通道区域设置防护用品挂架，铅橡胶围裙、铅橡胶衣服等均悬挂存放；医院拟配备的个人防护用品具体见表 10-4。

表 10-4　项目拟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	分体式铅橡胶衣 3 套（铅橡胶背心+围裙，背心前襟 0.5mmPb、后背 0.25mmPb；围裙 0.5mmPb）、连体式铅橡胶衣 1 件（0.5mmPb）、铅橡胶颈套 4 个（0.5mmPb）、铅防护眼镜 4 副（0.5mmPb），介入防护手套 4 双（0.025mmPb）	铅悬挂防护屏 1 个（0.5mmPb）、床侧防护帘 1 个（0.5mmPb）、床侧防护屏 1 个（0.5mmPb）、移动铅防护屏（2mmPb）	铅橡胶性腺防护方巾 1 个（0.5mmPb），铅橡胶颈套 2 个（0.5mmPb，其中一个为儿童规格）	/

续表 10　辐射安全与防护

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。

（8）其他

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

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

合理布置 DSA 机房内介入手术用辅助设备，安装对讲装置。

施工确保施工质量，墙体砌筑时砂浆饱满无空隙，表面硫酸钡批荡均匀，墙体、门窗和顶棚搭接处做好防护补偿，保证机房整体防护效果。

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

项目采取的防护措施与《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）等相关要求对比情况见表 10-5 所示。

建设单位在采取相应的辐射安全与防护措施后，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）和《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）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 10-5　项目辐射防护措施与标准要求对比情况表

标准	标准要求		项目情况
《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）	5　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	设备自带该功能
		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，并应提供可标示照射野的灯光野指示装置	设备自带该功能
		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	设备自带该功能
		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	设备自带该功能
		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	设备自带该功能
		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	设备自带该功能
	6　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	设备自带影像增强器能较好的阻挡主射线，项目门、窗、管线口和工作人员操作位均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	DSA 机房独立设置，与周边其他相邻区域有实体屏蔽相隔，且屏蔽材料及厚度满足标准要求，充分考虑了周边场所的人员防护和安全
		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。机房有效使用面积和最小单边长度满足标准要求

续表 10-5　项目辐射防护措施与标准要求对比情况表

标准	标准要求		项目情况
《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）	6　X 射线设备机房防护设施的技术要求	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	项目 DSA 机房有效使用面积为 38 ㎡，最小单边长度为 6.1m，满足标准要求
		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 6.2.3　机房的门和窗关闭时应满足表 3 的要求	项目 DSA 机房四周墙体采用 37cm 实心砖+2mmPb 硫酸钡，铅门和观察窗均为 3mmPb；楼板为 3mmPb 防护板，满足标准要求
		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；	通过后文计算，项目 DSA 具有透视和摄影功能，机房各屏蔽体屏蔽厚度满足 GBZ130-2020 要求，能确保透视时机房屏蔽体外的周围剂量当量率不大于 2.5μSv/h。
		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	机房设有观察窗，控制室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	机房内不堆放与该设备诊断工作无关的杂物
		6.4.3　机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风	机房拟新增机械排风装置，并保持良好的通风
		6.4.4　机房门外应有电离辐射警告标志；机房门上方应有醒目的工作状态指示灯，灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句；候诊区应设置放射防护注意事项告知栏	机房门外均设置电离辐射警告标志；防护门上方均设置醒目的工作状态指示灯，灯箱处设置警示语句；DSA 患者入口设放射防护注意事项表标牌

续表 10-5　项目辐射防护措施与标准要求对比情况表

标准	标准要求		项目情况
《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）	6　X 射线设备机房防护设施的技术要求	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	项目均为电动推拉门，推拉式机房门在正常运行时不能手动开启，开门按钮设置在机房内和控制室，设备曝光前，关闭防护门，机房外人员在设备运行中，不能在打开。2 扇防护门上方工作状态指示灯均与门联锁
		6.4.6　电动推拉门宜设置防夹装置	患者出入门和工作人员出入门均为电动推拉门，设有红外感应防夹装置
		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	介入手术患者按手术计划安排治疗时间，治疗过程中，除工作人员和患者外，不允许其他人员进入
		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	本项目拟配备的防护用品种类和数量均满足要求
		6.5.3　除介入防护手套外，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.25mmPb；介入防护手套铅当量应不小于 0.025mmPb；甲状腺、性腺防护用品铅当量应不小于 0.5mmPb；移动铅防护屏风铅当量应不小于 2mmPb	介入防护手套铅当量为 0.025mmPb，其余防护用品铅当量不小于 0.25mmPb，其中铅围脖、铅方巾铅当量为 0.5mmPb
		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	为儿童配备了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为 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	在工作人员通道区域配备防护用品架，个人防护用品不使用时，采用悬挂或平铺方式存放，不折叠放置

续表 10-5　项目辐射防护措施与标准要求对比情况表

<table>
<tr><th>标准</th><th colspan="2">标准要求</th><th>项目情况</th></tr>
<tr><td rowspan="3">《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）</td><td rowspan="3">7　X射线设备操作的防护安全要求</td><td>7.8.2　介入放射学用X射线设备应具有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</td><td>设备自带剂量记录装置，加强工作人员管理，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，并形成记录</td></tr>
<tr><td>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</td><td>图像采集时工作人员位于控制室；加强管理，与诊疗无关人员禁止在机房内停留</td></tr>
<tr><td>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</td><td>拟在本项目放射工作人员上岗后，按照 GBZ128 的规定要求其正确佩戴个人剂量计并定期送检</td></tr>
<tr><td rowspan="2">《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）</td><td rowspan="2">5　监测系统与使用要求</td><td>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</td><td rowspan="2">医院拟为每名介入手术的医生、护士在铅防护衣内外各配置 1 枚个人剂量计，并要求其规范佩戴</td></tr>
<tr><td>5.3.3　对于 5.3.2 所述工作情况，建议采用双剂量计监测方法（在铅围裙内躯干上再佩戴另一个剂量计），且宜在身体可能受到较大照射的部位佩戴局部剂量计（如头箍剂量计、腕部计量计、指环剂量计等）</td></tr>
</table>

表 11　环境影响分析

11.1 施工期环境影响

本项目工程量小，施工期短，对外界的影响是暂时的，随着施工期的结束，影响也将消失。施工期主要使用小型机械，拆改部分由人工完成，施工废气对周边环境影响小，施工在白天进行，周边主要为医院用房，施工期人员生活废水依托医院现有公共设施处理。因拆改和内部装修产生的少量建筑垃圾，堆放在医院指定垃圾暂存区，然后统一运送至市政指定渣场处置。施工期整体对环境的影响可以接受。

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：

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

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在相同投射因子 B 的情况下，计算出各屏蔽物质的铅当量厚度 X。

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

式中：

X——不同屏蔽物质的铅当量厚度；

B——给定铅厚度的屏蔽透射因子，公式 11-1 计算值；

α——不同屏蔽材质对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

β——不同屏蔽材质对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

γ——不同屏蔽材质对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

（2）相关参数

根据 DSA 工作原理及工作方式可知，DSA 工作时发出的有用线束均会被患者身体和平板探测器等阻挡，因此在屏蔽防护时主要考虑非有用线束（即散射）的影响，因此评价以散射屏蔽厚度要求作为核算依据。

本项目 DSA 额定电压为 125kV，根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C 中表 C.2 给出的相关拟合参数，对屏蔽体进行核算。

（3）核算结果

《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）6.2 规定了不同类型 X 射线装置（不含床旁摄影设备和便携式 X 射线设备）机房的屏蔽防护要求，即本项目 DSA 机房屏蔽能力不得低于 2.0mmPb 当量。

根据医院提供的屏蔽防护方案及设备最大参数，其机房屏蔽体的铅当量核算结果见表 11-1，计算过程见支撑性文件。

表 11-1　射线装置机房屏蔽厚度与 GBZ130-2020 要求对比表

机房名称	屏蔽防护体	设计屏蔽防护情况	总铅当量	标准要求	评价结果
DSA 机房（125kV）	四周墙体	37cm 实心砖+2mmPb 硫酸钡	5.76mmPb	2.0mmPb	满足要求
	铅门	3mmPb 铅板	3mmPb	2.0mmPb	满足要求
	观察窗	3mmPb	3mmPb	2.0mmPb	满足要求
	顶棚	3mmPb 防护板	3mmPb	2.0mmPb	满足要求

备注：

由于《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C 中暂无 125kV 非有用线束实心砖的拟合参数，故本次核算时先将实心砖厚度折算为混凝土厚度后再核算铅当量，折算厚度公式为

$\rho_1/\rho_2=d_2/d_1$，其中ρ为密度，d 为厚度。实心砖密度 1.65g/cm³、混凝土（砼）密度 2.35g/cm³。

根据上表核算结果，项目机房屏蔽体的屏蔽能力能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）。

11.2.2 DSA 机房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，推导得出项目关注点的散射辐射剂量率计算公式如下：

$$\dot{H}=\frac{I\times H_0\times B}{R_S^{\ 2}}\times\frac{F\times\alpha}{R_0^{\ 2}}\ \cdots\cdots \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots（公式 11-3）$$

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•㎡/（mA•h），以 mSv•㎡/（mA•min）为单位的值乘以 6×10^4，Sv/Gy 转换系数取值为 1。即常用最大电压 90kV 时，H_0 为 5.3mGy·㎡/mA•min×6×10^4=3.18×10^5μSv•㎡/（mA•h）。

B——屏蔽透射因子，根据公式 11-1 计算得出；

F——R_0 处的辐射野面积，射线装置运行时的最大照射野面积为 400c ㎡（20cm×20cm）；

a——散射因子，入射辐射被单位面积（1 ㎡）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最大为 7.5×10^{-6}；90kV 射线装置 1m 处的每平方厘米的散射系数最大为 6.82×10^{-6}。

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

R_0——散射体至关注点的距离，单位为米（m），根据设备布设位置确定。

（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 DSA 机房墙体外周围剂量当量率。DSA 常用透视工况为 60～90kV/5～20mA，常用采集工况为 60～90kV/300～500mA。

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·m^2/mA•min。Sv/Gy 转换系数取值为 1。

预测参数见表 11-2。

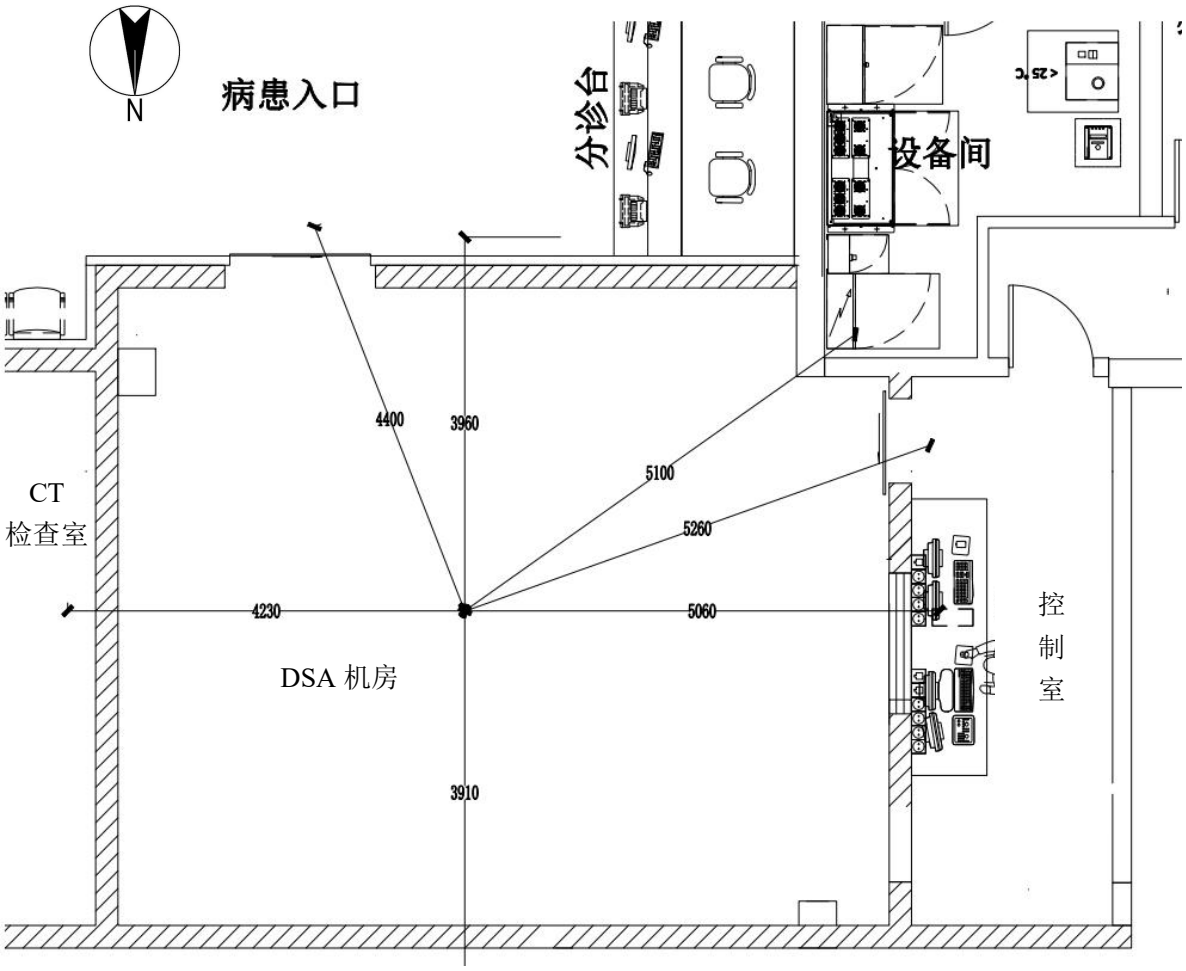
表 11-2　核算参数

设备名称	管电压（kV）	对应管电流 I（mA）	输出量 H_0 μSv•㎡/（mA•h）	发射率 mGy·㎡/mA min	散射面积 F（c ㎡）	散射因子α	散射距离 R_S（m）
DSA	90	20（透视）	3.18×10^5	5.3	400	6.82×10^{-6}	0.38
	90	500（采集）	3.18×10^5	5.3	400	6.82×10^{-6}	0.38

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

DSA 位于 DSA 机房中部位置，各计算点距离情况见图 11-1 所示。



注：计算点为四周墙体（含防护门、观察窗）外 30cm，图中标注距离单位为 mm。

图 11-1　各计算点距离示意图

根据核算公式和表 11-2 相关参数，透视、采集状态下 DSA 机房外周围剂量当量率核算结果分别见表 11-3 所示。

表 11-3　DSA 机房屏蔽核算结果

墙体名称		射线类型	距离 R(m)	屏蔽体实际厚度	周围剂量当量率（μSv/h）		设计厚度是否满足要求
					透视	采集	
西面（控制室）	墙体	散射	5.06	5.76mmPb	＜0.01	＜0.01	是
	观察窗	散射	5.06	3mmPb	0.04	0.93	是
	控制室防护门	散射	5.26	3mmPb	0.03	0.86	是
南面（走廊）	墙体	散射	3.96	5.76mmPb	＜0.01	＜0.01	是
	患者防护门	散射	4.40	3mmPb	0.05	1.23	是
	设备间墙体	散射	5.10	5.76mmPb	＜0.01	＜0.01	是
东面（CT 检查室）	墙体	散射	4.23	5.76mmPb	＜0.01	＜0.01	是
北面（室外道路）	墙体	散射	3.91	5.76mmPb	＜0.01	＜0.01	是
顶棚（药房、乳腺照片室）	顶棚	散射	4.2	3mmPb	0.05	1.35	是

备注：①设备离地高度按 1.0m 考虑；②层高取 4.2m（一层净空 4m+0.2m 楼板），顶棚核算到楼上地面 1m 处。

根据计算，该项目 DSA 机房在常用工况下，屏蔽体外的周围剂量当量率均小于 2.5μSv/h，均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。在采集工况下，机房外周围剂量当量率最大值为 1.35 μ Sv/h，属于较低水平，对公众的影响是可以接受的。

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：

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

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，μSv/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 500 人次/年；本项目 DSA 年透视时间约 133.3h，采集时间约 2h，DSA 总年有效开机时间约 135.3h。

①放射工作人员剂量估算

A．操作间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 DSA 机房透视模式下控制室最大周围剂量当量率按 0.04μSv/h 考虑，年透视出束时间为 133.3h/a，则控制室的放射工作人员受到的年有效剂量约为 0.005mSv/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 0.93μSv/h 考虑，年采集出束时间为 2h/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介入手术医生）受到的附加有效剂量约为 1.86×10^{-3}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$5\times10^{-3}+1.86\times10^{-3}=6.86\times10^{-3}$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．介入手术医护人员

◆ 透视情况下介入手术人员有效剂量估算

参照《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》（WS76-2020）表 B.1 规定：透视防护区检测平面上的周围剂量当量率不应大于 400μSv/h。医护人员均穿戴个人防护设施（个人防护用品铅当量主要为 0.5mmPb），以式 11-1 计算防护用品透射因子，不考虑射线与介入手术医护人员的距离衰减因素，不区分手术人员位置，保守核算常用电压及额定电压条件下手术医务人员受照剂量在医院年剂量管理目标值下的年工作时

间（DSA 的年有效出束时间），核算结果见表 11-4。

表 11-4　透视时介入手术医护人员最大手术负荷时间表

运行管电压	透射因子	周围剂量当量率	手术位周围剂量当量率	透视时年有限剂量管理目标值	单组医生最大透视手术工作时间
90kV	2.59×10^{-2}	400μSv/h	10.36μSv/h	5mSv/a	482.6h/a

项目DSA年透视开机时间约133.3h，年受照剂量为1.38mSv（10.36μSv/h×133.3h）。设备在常用电压条件下单名手术医生可承担的最大手术时间为482.6h/a，考虑最不利条件下，即由1组医生进行介入手术就可满足需求。医院配置了2组手术医生，能满足DSA常用条件下开展介入手术的基本需求。

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 400μSv/h 的基础上计算的，实际介入手术过程中，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，应正确佩戴个人剂量计，手术室医护人员应在防护铅衣内外各佩戴 1 枚个人剂量计；

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

◆ **采集情况下介入工作人员有效剂量估算**

在采集情况下，机房内手术人员位于移动铅防护屏后，防护屏铅当量为2mmPb，放置位置距设备距离约1.5m，设备电压为90kV，电流为500mA，经过计算，铅防护屏后周围剂量当量率约为230μSv/h，工作人员穿戴铅衣等个人防护用品（0.5mmPb），经过防护后，受照剂量率约为49μSv/h。本项目年采集出束时间为2h/a，则机房内介入手术工作人员在设备采集情况下受到的附加有效剂量约为0.1mSv/a。远低于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。

综上所述，项目机房内的放射工作人员受到的附加有效剂量最大为1.38+0.1=1.48mSv/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。

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 11-5　公众成员剂量估算

类别	机房外最大周围剂量当量率（μSv/h）		曝光时间（h/a）	居留因子*	年有效剂量（mSv/a）
护士站	透视	0.05	133.3	1	9.12×10^{-3}
	采集	1.23	2	1	
CT 检查室	透视	＜0.01	133.3	1/2	＜0.01
	采集	＜0.01	2	1/2	
北侧室外道路	透视	＜0.01	133.3	1/40	＜0.01
	采集	＜0.01	2	1/40	
楼上药房、乳腺照片室	透视	0.05	133.3	1	9.36×10^{-3}
	采集	1.35	2	1	

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，DSA 机房周围公众成员受到的年附加有效剂量最大约为 9.36×10^{-3}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介入手术量，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

项目 DSA 机房的屏蔽防护能力能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）

的要求，屏蔽体外周围剂量当量率满足国家相关标准要求。项目周围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，辐射影响按距离的平方进行衰减，即距离辐射源越远，受到的影响越小。

各环境保护目标预测结果见表 11-6。

表 11-6　环境保护目标周围剂量当量率预测结果

序号	名称	方位	水平最近距离（m）	核算距离（m）	预测结果（μSv/h）	
					透视	采集
1	低层住宅区	北	8m	8	＜0.01	＜0.01
2	华新实验小学	北	36m	36	＜0.01	＜0.01
3	观音桥 COSMO 商业楼	西	45m	45	＜0.01	＜0.01
4	护士站	南	紧邻	/	0.05	1.23
5	综合楼	南	22m	22	＜0.01	＜0.01
6	控制室	西	紧邻	/	0.04	0.93
7	更衣、人员通道、设备间等	西南	紧邻	/	＜0.01	＜0.01
8	骨密度检查、值班室等	西南	7m	7	＜0.01	＜0.01
9	CT 检查室	东	紧邻	/	＜0.01	＜0.01
10	核磁检查区	东南	3m	3	0.02	0.44
11	医院住宅楼	东	15m	15	＜0.01	＜0.01
12	医院业务大楼（装修中）	东	45m	45	＜0.01	＜0.01
13	西药库房、乳腺照片室	楼上	/	/	0.05	1.35

根据上表可知，DSA 机房对各保护目标周围剂量当量率均不大于 2.5μSv/h。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 DSA 机房拟新增独立机械排风装置。在机房西墙上方安装一个机械排风扇，排风扇设置在西墙上方，离地高度约 3m，排风扇外连接排风管道，通过管道将室内空气排放到控制室西侧室外道路，对环境和公众影响很小。

11.3.2 废水

本项目废水进入医院污水处理站进行处理，达标后排入市政管网。医院设有污水处理站 1 座，处理能力 320m^3/d，接纳整个医院医疗废水。DSA 机房劳动定员在医院现有工作人员调配，DSA 机房产生少量废水依托医院污水处理站处理是可行，对地表水环境影响小。

11.3.3 固体废物

项目工作人员从医院内部调剂，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。

医院设有医疗废物暂存间 1 处，建筑面积约 20 ㎡，暂存医院产生的医疗废物。医院医疗废物暂存间内设置感染性废物和损伤性废物收集桶，相应类别的塑料桶旁墙上贴有中文标签，医疗废物暂存间大门贴有警示标识；医疗废物暂存间为封闭空间，日常不使用时锁闭大门，设专人管理，防止非工作人员接触医疗废物。

医院已与有医疗废物处置资质的单位签订了医疗废物处置协议，医疗废物由该单位负责转运、处置医疗废物。

项目介入手术产生的医疗废物在 DSA 机房打包整理后依托医院的医疗废物收集系统收集、暂存于医疗废物暂存间，并由资质单位转运、处置，措施依托可行。

铅防护用品在使用一定年限后屏蔽能力减弱，不能达到原有使用功能后成为报废铅防护用品，由医院收集、暂存后统一交生产厂家回收处置，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。项目营运以后，将为病人提供一个优越的就医环境，具有明显的社会效益，同时将提高医院的档次及服务水平，吸引更多的就诊人员，保障病人健康。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。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，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。

11.5 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

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在设备故障等极端风险情况下，项目 DSA 出现最不利运行参数即电压 125kV、透视电流 20mA、采集电流 500mA，造成 DSA 机房外公众成员的误照射。

②除介入手术医护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，或防护门未关闭或射线装置工作时门被开启，公众误入机房造成公众成员在 DSA 机房内的误照射。

③手术过程中医生未正确使用防护用品，造成工作人员的误照射。

（2）后果分析

①DSA 机房外人员误照射

根据核算，在极端情况下，项目 DSA 透视工况运行管电压为额定电压，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额定电压，即 125kV，电流自动跟随电压，电流不大于 500mA。DSA 在最大运行参数条件下运行，单台手术时间内机房外人员最大受照剂量估算情况见表 11-7，核算过程见支撑性材料。

表 11-7　DSA 机房外误照射人员所受辐射剂量估算表

墙体外最大周围剂量当量率		单台手术最大采集时间	有效剂量	总有效剂量
位置	周围剂量当量率			
南侧	5.34μSv/h（透视）	约 20min	0.0018mSv	0.002mSv
	24.28μSv/h（摄影）	约 0.42min	0.00017mSv	

根据核算可知，在极端风险条件下，项目 DSA 机房外人员受到的单次照射最大剂量约 0.002mSv。

②DSA 机房内人员误照射

因各种原因导致 X 射线装置在运行过程中人员滞留机房内发生误照射辐射事故。本类事故主要考虑如下方面内容：受照人员未穿戴铅衣等个人防护用品，且受照位置在距离 X 射线装置靶点较近位置（约 1m 处），所站位置没有在设备自带防护设施（悬

挂铅防护屏、床侧防护屏等）的屏蔽区域内，考虑人员直接受到设备散射线在未经任何屏蔽防护设施情况下的受照剂量。按照 DSA 正常运行参数（90kV，500mA），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	1m 处发射率	受照时间	吸收剂量
DSA	5.3mGy·m^2/mA min	1min	50.06mGy

备注：仅考虑散射线

③放射工作人员误照射

在手术过程中，因机房内手术工作人员未按照规范要求正确穿戴铅衣等个人防护用品，导致工作人员受到不必要的误照射。本类事故主要考虑如下方面内容：受照人员未穿戴铅衣等个人防护用品，人员位于正常手术位，所站位置在设备自带防护设施（悬挂铅防护屏、床侧防护屏等）的屏蔽区域内，根据标准要求，设备透视防护区最大剂量率值不能超过 400μSv/h，因此取该数值作为工作人员手术位受照剂量率参考值。

情景 A、放射工作人员未穿戴防护用品完成一台手术

若只是单台手术不穿戴防护用品，在常用电压情况下这名放射工作人员受到的照射剂量为 0.13mSv（400μSv/h×20min）。

情景 B、放射工作人员未穿戴防护用品完成全年手术量

若该名手术医生长期不穿戴防护用品且独立一人操作所有 500 台手术，则这名放射工作人员受到的年有效剂量为 66.7mSv。

根据以上后果分析可知，单次手术中，不穿戴防护用品，所受到的照射剂量远低于管理目标值。在情景 B（一直未穿戴防护用品）极端情况下，本项目放射工作人员可能发生超年有效剂量照射的事故。

手术医生受到的年有效剂量以个人剂量计监测结果为准，医院每三个月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。如果手术医生在工作过程中未按要求佩戴个人剂量计，其受到的照射剂量无法进行跟踪，可能导致其受到超过年剂量管理目标值的照射。

（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。

根据上述后果分析可知，项目 DSA 在极端条件下运行时，将导致 DSA 机房墙体外最大周围剂量当量率超过 2.5μSv/h。在最大常用透视工作条件下运行时，单台手术时间内导致 DSA 机房外公众成员的有效剂量较小尚不足以造成一般辐射事故；项目 DSA 对公众成员极端情况下发生单次误照射及放射工作人员在最大常用采集工作条件下发生事故可能使人员受到较大辐射剂量的照射，甚至造成一般辐射事故，其辐射照射一般不会导致严重辐射损伤，可能导致随机性效应的发生概率增加。

（4）风险事故防范措施分析

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

①撤离 DSA 机房时应清点人数，确认没有无关人员停留在 DSA 机房后才开始操作。此外，在设备及控制台设置有紧急停机按钮，只要相关人员了解该按钮的作用，可避免此类事故的发生。在 DSA 机房内应设置此按钮醒目的指示和说明，便于在紧急情况下使用。

②加强医院管理，DSA 机房病人通道防护门为电动开关，防护门外侧无法打开；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

续表 11　环境影响分析

品熟练完成。在控制室采集时，应确认机房内无工作人员，防护门已关闭方才开始曝光。

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

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安全与环境保护管理小组，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。

医院成立了辐射防护领导小组，明确了辐射小组的职责。根据调查，医院辐射小组具体负责成员学历能满足上述要求。因此，医院的辐射安全与环境保护管理机构满足相关要求。

（2）放射工作人员配置

项目拟配置 10 名放射工作人员，包含 4 名介入手术医生、2 名技师、2 名护士和 2 名影像医师，目前具体人员未定，但均拟由医院其他科室调配，工作人员包含在医院总劳动定员内。

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条的规定：从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。根据《关于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国家核技术利用辐射安全与防护培训平台免费学习相关知识。医院应根据相关要求安排人员进行培训和考核，考试合格后上岗。

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度、人员培训计划、监测方案等。

目前，医院已制定了《辐射安全管理制度》、《放射事故应急处理预案》、《放射科辐射防护制度》、《放射科辐射损伤处理流程和规范》、《放射工作人员健康及个人剂量管理制度》、《人员辐射安全防护管理制度》、《设备使用及维护保养制度》、

《设备操作规程》等。上述管理制度和应急预案考虑到了医院现有核技术利用项目类别以及相关辐射设备的操作使用和安全防护，制度基本健全，具有一定的可操作性。医院在此之前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。

上述各种管理制度及应急预案主要从放射科层面进行编制，本项目属于介入放射诊疗项目，其运行管理要求与放射科 III 类射线装置存在差异，因此医院原有部分制度需要进一步完善，并新增介入手术防护管理相关制度，如 DSA 设备操作规程、介入手术工作场所安全与防护管理制度、介入手术工作人员岗位职责、介入患者诊疗质量保证计划等，同时在原有辐射应急预案中添加介入治疗相关辐射事故应急处理内容，将介入工作场所监测列入原有辐射监测计划中。医院在进一步完善环境影响评价提出的防护措施和管理制度后，能满足辐射环境管理要求。

（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。

医院已建立放射工作人员个人剂量档案，包括个人基本信息、工作岗位，档案信息和保存记录等按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》规定执行。同时引用已开展个人剂量监测及职业健康检查，并按照要求管理人员档案。

（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。医院应按照以上要求，执行年度评估制度。

医院制定有《辐射安全和防护状况年度评估制度》，明确了年度评估报告包含内容，并指定专人负责填写和上报，要求如实填写医院辐射防护管理情况，并在规范要求的 1 月 31 日前将上年度报告提交重庆市生态环境局。

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	成立了辐射防护领导小组，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	医院建立有人员培训计划，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	设备及控制台拟设置急停按钮，同时本项目拟设置有门灯联锁装置，门关闭后工作状态指示灯亮，门口显眼位置设置电离辐射警示标识和警示语

续表 12　辐射安全管理

续表 12-1　从事本项目辐射活动能力评价

应具备条件	落实情况
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	为放射工作人员配备了个人剂量计，并配备一定数量的辐射防护用品供放射工作人员和病员使用
有完善的辐射事故应急措施	已制定辐射事故应急预案，但需进一步完善

根据上表可知，医院已建立有一定的管理体系，已具备了一定的能力，项目的管理工作依托现有的管理体系，医院还应根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求，结合自身实际情况完善辐射事故应急预案及相关管理制度。医院针对本项目射线装置的管理，认真落实上述要求后，方具备从事本项目辐射活动的能力，本项目方可投入正式运行。

12.5 辐射环境监测

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。

医院可配备相应的监测仪器或委托有资质的单位定期对所有射线装置进行监测，做好监测记录，存档备查。根据调查，医院每年均委托有资质单位对现有射线装置屏蔽体外辐射环境进行监测，监测计划满足相关要求。

本项目运行后，医院将按照现有监测计划，委托有资质的单位定期对 DSA 机房周围环境进行监测，另介入手术相关工作人员按照辐射工作人员要求配备个人剂量计并定期（三个月）进行个人剂量监测。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。

（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 等关注点位，通风管道及其他穿墙管线、门缝等搭接薄弱位置；重点关注穿墙管线、门缝等搭接薄弱位置。

12.6 辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《重庆市放射性同位素与射线装置辐射安全许可管理规定》（渝环〔2017〕242 号）要求，使用II类以上（含II类）射线装置的辐射工作单位应建立完善的辐射事故应急方案或具有针对性与操作性的应急措施。

根据《重庆市辐射污染防治办法》第三十二条：生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位应当根据可能发生的辐射事故的风险，编制辐射事故应急预案，建设相应的应急设施，配备必要的应急设备、物资和器材，组织人员培训和应急演练，做好应急准备。

医院设置有辐射防护领导小组，制定了《放射事故应急处理预案》和《辐射安全应急处理措施》等制度，制度中明确了应急领导小组的职责、应急上报流程和应急处置流程等内容，但需进一步完善，包括各类辐射事故具体的应急处理流程、明确医院负责应急处置工作的人员联络方式，并明确定期进行辐射事故应急演练等内容。

（1）事故报告程序

一旦发生辐射事故，相关科室人员立即将事故情况报告领导小组办公室，由办公室向院领导汇报同时向上级卫健委、生态环境局等部门报告，最迟不能超过 2 小时。

（2）辐射事故应急处置措施

①接到事故通知，应急处理小组首先控制现场，无关人员不能进入并判断现场情

况。

②应急小组负责具体事故处置工作，联系各科室准备应急物资。

③人员受大剂量照射的，进行现场救助，并及时送相关医疗机构救治，同时请疾控中心等部门进行监测。

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 辐射安全与管理投资估算

项目环保投资估算表见表 12-2。

表 12-2　辐射安全与管理投资估算

内容	措施	投资（万元）
管理制度、应急措施	制作图框，上墙	0.5
电离辐射警示标志	张贴正确，有中文说明	
辐射防护与安全措施	紧急停机按钮、对讲装置、个人防护用品及辅助防护设施	12
	门灯联锁、工作状态指示灯	1
防护监测设备	个人剂量计	0.5
合计	/	14
注：机房屏蔽防护计入工程建设投资		

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。项目竣工后，建设单位应根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4 号）相关要求，开展项目竣工环境保护验收工作。除需要取得排污许可证的水和大气污染防治设施外，其他环境保护设施的验收期限一般不超过 3 个月；需要对该类环境保护设施进行调试或者整改的，验收期限可以适当延期，但最长不超过 12 个月。

竣工环境保护验收一览表见表 12-3。

续表 12　辐射安全管理

表 12-3　　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 及医院管理要求
3	人员要求	按照要求组织放射工作人员均持证上岗，按要求定期组织复训	环境保护部令第 3 号、第 18 号、生态环境部 7 号令、公告 2019 年第 57 号
4	剂量率控制	机房四周墙体、门、窗表面 30cm 处；顶棚上方（楼上）距离顶棚地面 100cm 处；通风管道及其他穿墙管线、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	按照要求为每名放射工作人员配备个人剂量计	
		满足 GBZ130-2020 表 4 中介入放射学操作的防护用品配备种类要求，数量满足诊疗所需工作人员和患者要求。防护用品采用悬挂或平铺方式存放，不折叠	
8	辐射安全防护措施	①DSA机房病人出入口、工作人员出入口防护门设置门灯联锁系统，防护门外上方设置醒目的工作状态指示灯，灯箱上设置“可视的警示语句，在防护门关闭时，指示灯亮，警示无关人员远离该区域。电动推拉门设红外线感应装置。 ②DSA机房各防护门外均设置电离辐射警告标志，同时在病人通道入口设置放射防护注意事项告知栏。 ③制度上墙（操作规程、人员岗位职责、应急程序等）； ④机房设置机械通风系统，保持良好通风，机房内不得堆放无关杂物； ⑤设备及控制台设急停开关；控制室与机房设对讲装置；防护用品与辅助防护设施齐全； ⑥机房四周墙体、顶棚、防护门、观察窗有足够的屏蔽防护能力，穿墙管线不得影响屏蔽防护效果。	

续表 12　辐射安全管理

9	管理	有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等

表 13　结论及建议

13.1 项目概况

重庆市红十字会医院（江北区人民医院）在重庆市江北区嘉陵一村 1 号重庆市红十字会医院（江北区人民医院）医技楼 1 楼建设“江北区人民医院新增放射科业务用房改造工程项目（DSA 部分）”，利用原有场所建设 DSA 介入手术用房，配置 1 台数字减影血管造影 X 射线装置（DSA，II 类射线装置），开展血管造影介入手术工作。项目建筑面积 150 ㎡，总投资 140 万元，其中环保投资约 14 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

项目所在区域地表γ剂量率的监测值在 85nGy/h～98nGy/h（未扣除宇宙射线），与重庆市 2020 年环境地表γ辐射空气吸收剂量率年均值范围相比较无明显差异。

13.5 选址及布局合理性

项目位于医技楼 1 楼北侧，靠近室外道路，相对独立。DSA 机房共设置 2 个防护门，分别用于工作人员进出、病人进出及污物运出，人员通道相对独立，且利于辐射防护，污物运输避开诊疗时间，不与项目人员交叉。从辐射环境保护角度分析，项目选址可行，布局基本合理。

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 DSA 机房内部设置为控制区；控制室、护士站、DSA 机房楼上正对区域及其他相邻区域设置为监督区。对控制区防护门设置工作状态指示灯及辐射警示标志等设施，限制无关人员随意进入，以便控制正常照射和防止（或限制）潜在照射；对监督区定期开展辐射环境

监测和评价。

（2）机房屏蔽防护

项目 DSA 机房有效使用面积为 38 ㎡，最小单边长度为 6.1m，符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中 C 形臂 X 射线设备机房有效使用面积和最小单边长度的要求。

项目 DSA 机房四周墙体、顶棚、底板、铅门、观察窗等屏蔽效能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）等相关辐射防护安全要求。

（3）安全联锁装置及其他措施

项目 DSA 机房病人及工作人员进出口防护铅门均设置门灯联锁系统及防夹装置，防护门外上方设置醒目的工作状态指示灯，灯箱上设置可视的警示语句，在防护门关闭时，指示灯亮，警示无关人员远离该区域。项目 DSA 机房各防护门外均设有电离辐射警告标志，提醒周围人员尽量远离该区域。

项目 DSA 配套了 1 套铅悬挂防护屏、床侧防护帘、床侧防护屏等辅助防护设施，并按有关标准要求配备个人防护用品；通风采用机械排风以保持机房内良好通风。

经分析，本项目采取的辐射安全与防护措施满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。

13.7 环境影响分析

（1）机房屏蔽能力：根据核算，在常用透视和摄影条件下时，DSA 机房屏蔽体现有建成厚度均能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的屏蔽厚度要求。

（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人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，项目拟设置独立机械排风扇，可保持 DSA 机房良好的通风。项目产生的少量医疗废水依托现有污

水处理站处理，医疗废物依托现有暂存间暂存后与医院其他医疗废物一起交有资质单位处理，生活垃圾交环卫部门处理，废铅防护用品由医院收集、暂存后交厂家回收处置，并做好相应记录。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 DSA 机房时应清点人数、在设备上及控制台设置有紧急停机按钮、加强医院管理、合理设置防护门开门方式、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

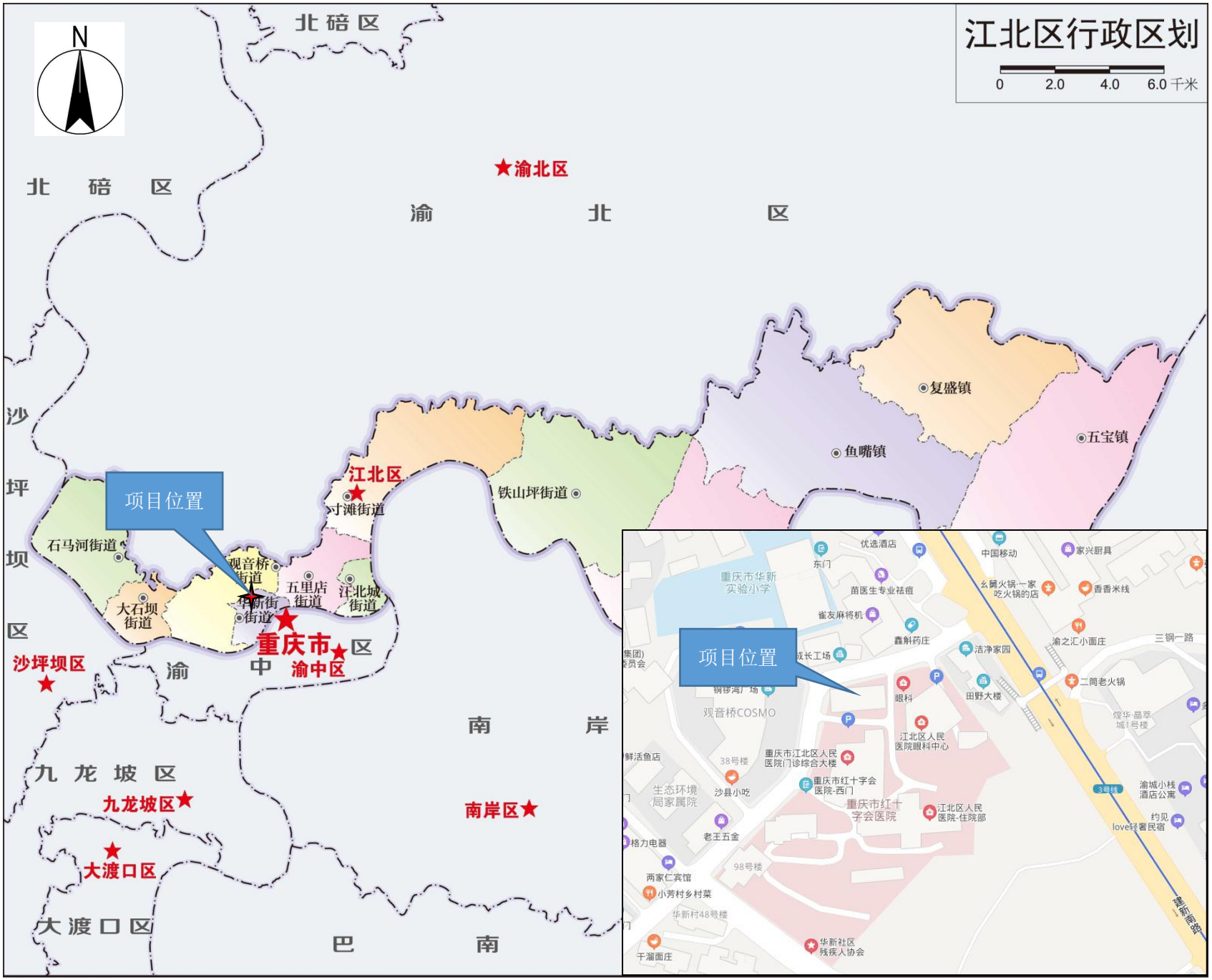
医院成立了辐射保护管理领导小组，负责医院的放射防护与安全管理工作，并明确了相应职责；医院制订了辐射环境管理规章制度，具有一定从事辐射活动的能力，但医院还应在辐射事故应急预案、辐射监测计划等原有制度中补充介入治疗项目内容并新增介入手术专用辐射防护管理制度；医院应根据要求配置介入手术相应的放射工作医技人员，以满足开展项目放射介入工作需求，并组织新进放射工作人员参加辐射安全与防护培训考核合格后上岗；放射工作人员在工作时必须佩戴个人剂量计，医院将个人剂量结果存入档案；按要求执行年度评估制度。因此，医院在进一步完善相关管理制度后，能满足辐射环境管理要求。

综上所述，重庆市红十字会医院（江北区人民医院）建设的“江北区人民医院新增放射科业务用房改造工程项目（DSA 部分）”具有实践的正当性，选址合理，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。

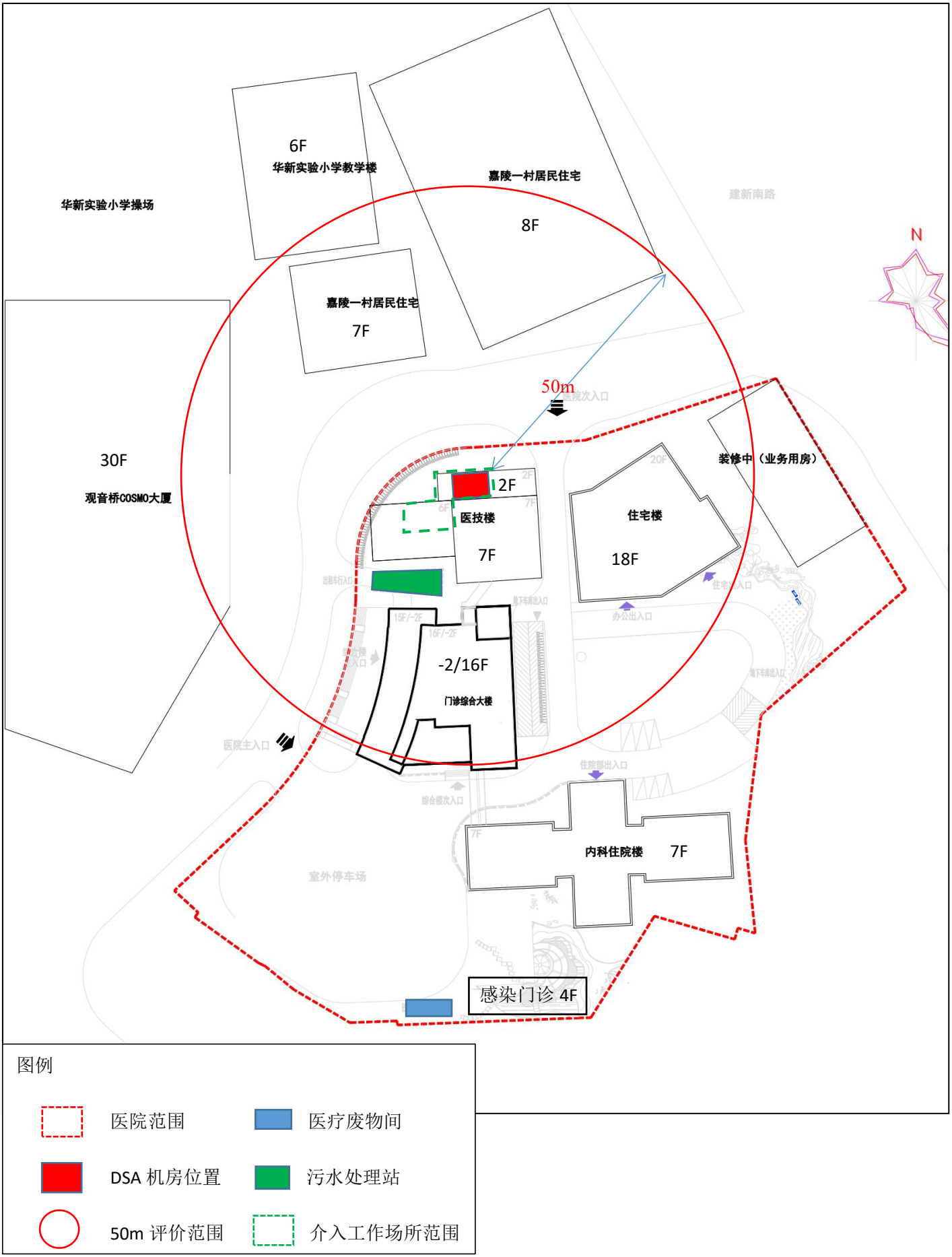
附图

附图 1　地理位置图

附图 2　周围环境关系图


江北区行政区划
0 2.0 4.0 6.0 千米
N
北碚区
北 碚 区
渝北区
渝 北 区
沙 坪 坝 区
沙坪坝区
九 龙 坡 区
九龙坡区
大渡口区
大 渡 口 区
南 岸 区
南岸区
巴 南
江北区
重庆市
渝中区
渝 中 区
项目位置
石马河街道
大石坝街道
观音桥街道
华新街街道
五里店街道
江北城街道
寸滩街道
铁山坪街道
鱼嘴镇
复盛镇
五宝镇
项目位置
重庆市华新实验小学
观音桥COSMO
重庆市江北区人民医院门诊综合大楼
重庆市红十字会医院-西门
重庆市红十字会医院
江北区人民医院-住院部
江北区人民医院眼科中心
华新社区残疾人协会
华新村48号楼
98号楼
38号楼
生态环境局家属院
沙县小吃
老王五金
两家仁宾馆
小芳村乡村菜
干溜面庄
格力电器
鲜活鱼店
东门
优选酒店
中国移动
家兴厨具
苗医生专业祛痘
么舅火锅·一家吃火锅的店
香香米线
雀友麻将机
鑫斛药庄
洁净家园
渝之汇小面庄
三钢一路
二筒老火锅
田野大楼
眼科
煌华·晶萃城1号楼
渝城小栈酒店公寓
约见love轻奢民宿
3号线
粤渝高速路

附图 1　　地理位置图



附图 2　　项目周边环境示意图