

核技术利用建设项目

巫山县人民医院早阳分院建设项目（DSA 部分）

# 环境影响报告表

（公示版）

建设单位：巫山县人民医院

环评单位：重庆渝辐科技有限公司

编制时间：二零二三年十二月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

巫山县人民医院早阳分院建设项目（DSA 部分）

环境影响报告表



建设单位名称：巫山县人民医院

建设单位法人代表：



通讯地址：重庆市巫山县高唐街道广东西路 168 号

邮政编码：404700

联系人：庞世斌

电子邮箱：

联系电话：

巫山县人民医院

关于《巫山县人民医院早阳分院建设项目（DSA 部分）  
环境影响报告表》全本对外公开的确认函

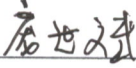
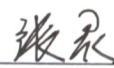
本院委托重庆渝辐科技有限公司编制了《巫山县人民医院早阳分院建设项目（DSA 部分）环境影响报告表》（以下简称“报告”），报告不涉及国家秘密、商业秘密、个人隐私以及国家安全、公共安全、经济安全和社会稳定等内容，本公司对该报告内容负责，同意网上公示，并承诺在项目建设，运营中落实报告中提出的环保措施。

确认方：巫山县人民医院

2023年12月



## 编制单位和编制人员情况表

|                 |   |  |   |
|-----------------|---|--|---|
| 项目编号            | eo0nd5  |  |   |
| 建设项目名称          | 巫山县人民医院早阳分院建设项目 (DSA部分)   |  |   |
| 建设项目类别          | 55—172核技术利用建设项目   |  |   |
| 环境影响评价文件类型      | 报告表   |  |   |
| <b>一、建设单位情况</b> |   |  |   |
| 单位名称 (盖章)       | 巫山县人民医院        |  |   |
| 统一社会信用代码        | 1250023745189172XB  |  |   |
| 法定代表人 (签章)      | 曾国峰   |   |     |
| 主要负责人 (签字)      | 庞世斌   |   |   |
| 直接负责的主管人员 (签字)  | 庞世斌   |  |   |
| <b>二、编制单位情况</b> |   |  |   |
| 单位名称 (盖章)       | 重庆渝辐科技有限公司  |  |   |
| 统一社会信用代码        | 91500000MACB31XU37  |  |   |
| <b>三、编制人员情况</b> |   |  |   |
| 1. 编制主持人        |   |  |   |
| 姓名              | 职业资格证书管理号   | 信用编号   | 签字  |
| 张灵              | 20210503555000000007  | BH000896   |  |
| 2. 主要编制人员       |   |  |   |
| 姓名              | 主要编写内容  | 信用编号   | 签字  |
| 张灵              | 项目基本情况、射线装置、结论及建议   | BH000896   |  |
| 谭双双             | 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  | BH052733   |  |

# 目 录

|      |                     |    |
|------|---------------------|----|
| 表 1  | 项目基本情况.....         | 1  |
| 表 2  | 放射源.....            | 10 |
| 表 3  | 非密封放射性物质.....       | 10 |
| 表 4  | 射线装置.....           | 11 |
| 表 5  | 废弃物(重点是放射性废弃物)..... | 12 |
| 表 6  | 评价依据.....           | 13 |
| 表 7  | 保护目标与评价标准.....      | 15 |
| 表 8  | 环境质量和辐射现状.....      | 20 |
| 表 9  | 项目工程分析与源项.....      | 22 |
| 表 10 | 辐射安全与防护.....        | 31 |
| 表 11 | 环境影响分析.....         | 41 |
| 表 12 | 辐射安全管理.....         | 55 |
| 表 13 | 结论与建议.....          | 63 |

| 附图:                      | 附件:                           |
|--------------------------|-------------------------------|
| 附图 1: 项目地理位置图            | 附件 1: 项目备案证                   |
| 附图 2: 医院外环境关系和 50m 范围示意图 | 附件 2: 医疗废物集中处置服务合同            |
| 附图 3: 项目平面布置及内空尺寸示意图     | 附件 3: 辐射安全许可证正副本              |
| 附图 4: 项目 9 楼分布示意图        | 附件 4: 个人剂量计检测结果               |
| 附图 5: 人流物流路径图            | 附件 5: 医院环境 $\gamma$ 辐射剂量率检测报告 |
| 附图 6: 项目尺寸及计算距离示意图       | 附件 6: 环境影响评价委托书               |
| 附图 7: 项目风管分布平面示意图        | 附件 7: 计算过程                    |
| 附图 8: 机房四周管线穿墙立面示意图      | 附件 8: 医院制度                    |
| 附图 9: 项目楼下 8 楼分布示意图      | 附件 9: 渝(巫山)环准[2018]023 号      |
| 附图 10: 现场照片图             |                               |
| 附图 11: 项目楼顶分布示意图         |                               |

**表 1 项目基本情况**

|             |          |  |  |                          |             |
|-------------|----------|--|--|--------------------------|-------------|
| 建设项目名称      |          | 巫山县人民医院早阳分院建设项目（DSA部分）   |  |                          |             |
| 建设单位        |          | 巫山县人民医院  |  |                          |             |
| 法人代表        | 曾国峰      | 联系人  | 庞世斌  | 联系电话                     | 151*****536 |
| 注册地址        |          | 重庆市巫山县高唐街道广东西路 168 号   |  |                          |             |
| 项目建设地点      |          | 巫山县人民医院早阳分院（巫山县龙门街道桂花村四社楚阳大道和早阳大道交汇处）门诊医技住院综合楼 9 楼   |  |                          |             |
| 立项审批部门      |          | 巫山县发展和改革委员会  | 批准文号   | 2017-500237-83-01-000062 |             |
| 建设项目总投资（万元） | 1000     | 项目环保投资（万元）   | 40   | 投资比例（环保投资/总投资）           | 4%          |
| 项目性质        |          | <input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他 |  | 建筑面积（m <sup>2</sup> ）    | 160         |
| 应用类型        | 放射源      | <input type="checkbox"/> 销售  | <input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类       |                          |             |
|             |          | <input type="checkbox"/> 使用  | <input type="checkbox"/> I 类（医疗使用） <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类 |                          |             |
|             | 非密封放射性物质 | <input type="checkbox"/> 生产  | <input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物   |                          |             |
|             |          | <input type="checkbox"/> 销售  | /  |                          |             |
|             |          | <input type="checkbox"/> 使用  | <input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙  |                          |             |
|             | 射线装置     | <input type="checkbox"/> 生产  | <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类   |                          |             |
|             |          | <input type="checkbox"/> 销售  | <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类   |                          |             |
|             |          | <input checked="" type="checkbox"/> 使用   | <input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类  |                          |             |
| 其他          | 无        |  |  |                          |             |

**1.1 建设单位概况**

巫山县人民医院始建于 1941 年，经过 70 多年的建设，现已成为一所集医疗、教学、科研、预防为一体的国家二级甲等综合医院。同时也是重医附二院巫山分院、重庆大学肿瘤医院巫山分院、湖北民族学院医学院教学医院、重庆三峡医药高等专科学校其非直属附属医院、重庆市住院医师（全科）规范化培训基地、重庆市三峡优抚医院、巫山县精神卫生中心、巫山县胸痛中心。

医院现占地面积 100 亩，分本部、净坛分院和早阳分院，总占地面积约 100 多亩，

建筑面积约 7.66 万平方米，编制床位 750 张（含精神卫生中心 150 张）开放床位 1200 张。早阳分院设置床位 400 张，一期工程建设基本完成。

现有在岗职工 873 人，硕士研究生 9 人，其中专业技术人员 675 人，高级职称 73 人，中级职称 125 人。拥有临床科室 29 个、医技科室 7 个、综合门诊部 2 个、职能科室 27 个和 1 个健康体检管理中心。

## 1.2 项目由来

巫山县人民医院于 2017 年启动“巫山县人民医院早阳分院建设项目”，该项目已经在巫山县发展和改革委员会立项，项目代码：2017-500237-83-01-000062，立项批复情况见附件 1。该项目于 2018 年取得巫山县环境保护局出具的《重庆市建设项目环境影响评价文件批准书》，现主体工程建设主体完成，各楼层处于装修状态，早阳分院尚未正式投入运营。

医院原有一台医用血管造影 X 射线机在医院本部住院大楼三楼运行，满足医院各科室手术需求。早阳分院建设项目完成后，医院部分科室（如神经内外科等）将搬迁至早阳分院，为更好地满足患者多层次、高质量和快捷便利的就诊需求，拟在早阳分院门诊医技住院综合楼 9 楼实施“巫山县人民医院早阳分院建设项目（DSA 部分）”项目。

该项目建设内容包括在早阳分院门诊医技住院综合楼（以下简称“早阳分院大楼”）9 楼中部西侧建设介入手术室，并采购医用血管造影 X 射线机（以下简称“DSA”）一台，配套各种辅助设施，用于开展介入手术治疗。

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）可知，血管造影用 X 射线装置属于 II 类射线装置。

射线装置使用时将会对周围环境产生一定的电离辐射影响，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》、《建设项目环境保护管理条例》等相关规定，该项目的建设应进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 版）（生态环境部令第 16 号）的“五十五 核与辐射 172 核技术利用建设项目”可知，使用 II 类射线装置的项目环境影响评价文件形式为编制环境影响报告表。巫山县人民医院委托重庆渝辐科技有限公司开展本项目的环评工作，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《巫山县人民医院早阳分院建设项目（DSA 部分）环境影响报告表》。

### 1.3 项目建设内容及规模

#### 1.3.1 项目组成

(1) 项目名称：巫山县人民医院早阳分院建设项目（DSA 部分）

(2) 建设地点：巫山县人民医院早阳分院（巫山县龙门街道桂花村四社楚阳大道和早阳大道交汇处）门诊医技住院综合楼 9 楼

(3) 建设性质：新建

(4) 建设内容及规模：拟在早阳分院门诊医技住院综合楼 9 楼中部西侧预留区域建设一间介入手术室，配置 1 台 DSA（II 类射线装置，额定电压为 125kV，额定电流为 1000mA，最大功率：100kW，单管头）开展介入手术工作，项目总建筑面积约 160 平方米，建设完成后满足相关手术开展约 600 台/年。

(5) 项目投资：总投资约 1000 万元，其中环保投资约 40 万元，占比 4%。

(6) 施工期：2 个月。

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     | 项目组成   | 备注         |
|------|--------|--|------------|
| 主体工程 | 介入手术室  | 新建的介入手术室位于早阳分院门诊医技住院综合楼 9 楼中部西侧预留区域，包括 DSA 机房及配套用房，总建筑面积约 160m <sup>2</sup> 。DSA 机房外尺寸为：长×宽×高=10m×8.7m×4.8m（层高）。装修后最大内空尺寸为：长×宽×高=7.65m×6.6m×3.0m（吊顶后），机房最小有效使用面积约 50.5m <sup>2</sup> 。 | 依托主体结构装修用房 |
|      | 设备     | DSA 机房内拟购 1 台 DSA（II 类射线装置，单管头），型号为 Optima IGS Mega 型，最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA，最大功率为 100kW。  | 拟购设备       |
| 辅助工程 | 辅助用房   | 专用辅助用房有：控制室、设备间、材料库房。  | 依托改造       |
|      |        | 公共辅助用房有：术前麻醉间、医患沟通室、复苏间、污洗间、男更、女更、缓冲区、卫生间、洁净走廊、库房等。  | 依托         |
| 公用工程 | 给水     | 依托院内供水管网。  | 依托         |
|      | 排水     | 医疗废水排入医院污水处理站处理。   | 依托         |
|      | 供配电    | 依托院内供配电系统。   | 依托         |
|      | 通风     | DSA 机房采用中央空调送风和回风，采用排风扇机械排风；机房设有 6 个送风口和 4 个回风口，机械排风口 1 个。   | 依托改造       |
|      | 压缩空气   | 依托院内现有供气系统。  | 依托         |
| 环保工程 | 废水处理措施 | 依托院内污水处理站处理。   | 依托         |
|      | 废气处理措施 | 项目区域采用机械排风，最终引至大楼西墙外排放至外环境。  | 依托改造       |
|      | 固废处置措施 | 生活垃圾收集后交市政环卫部门处理。  | 依托         |



|      |   |              |
|------|---|--------------|
|      | 介入手术室配套的污物暂存间位于早阳分院大楼9楼西北侧，面积约9.7m <sup>2</sup> ；医院医疗废物暂存间位于大楼负3楼西北侧，建筑面积约46.77m <sup>2</sup> 。手术过程中产生废物暂存在9楼污物暂存间内，每日及时将污物废物经污物暂存间运至早阳分院医疗废物暂存间暂存，再统一由有资质单位处置。DSA设备报废后，通过拆解高压球管和去功能化后交由物资回收部门处理，高压球管内的阴极射线管属于危险废物，交由有资质的单位回收。不再使用的铅防护用品医院收集后妥善保存，做好记录，交由有资质单位处置。 |              |
| 辐射防护 | 采用足够厚度的铅玻璃、防护铅门、实心砖、硫酸钡水泥等作为DSA机房屏蔽防护体。   | 拟按机房辐射防护方案施工 |

### 1.3.2 机房辐射防护方案设计

根据医院提供的资料可知，本项目用房是对早阳分院大楼9楼中部西侧预留区域进行装修改造，DSA机房主要使用铅玻璃、铅皮、防护铅门、实心砖、硫酸钡水泥等进行屏蔽防护，具体屏蔽方案见表1-2。

表 1-2 DSA 机房辐射防护方案

| 房间     | 面积  | 本次设计防护方案                | 现有建筑情况               | 备注            |
|--------|---|-------------------------|----------------------|---------------|
| DSA 机房 | 内空尺寸 7.65m（长）×6.6m（宽），有效使用面积 50.5m <sup>2</sup> | 东、南、西、北墙：37cm 实心砖墙      | 四周墙体原来均为 37cm 厚实心砖墙。 | 依托            |
|        |   | 顶棚：25cm 混凝土             | 顶棚：25cm 混凝土          | 依托            |
|        |   | 3 个防护门、1 个观察窗：4mmPb     | /                    | 新建            |
|        |   | 地板：15cm 混凝土+ 33mm 硫酸钡水泥 | 地板：15cm 混凝土          | 新增 33mm 硫酸钡水泥 |

备注：混凝土（砼）密度 2.35g/cm<sup>3</sup>，铅密度 11.3g/cm<sup>3</sup>，砖密度 1.65g/cm<sup>3</sup>。硫酸钡水泥密度 3.20g/cm<sup>3</sup>，内空尺寸扣除装饰面及防护材料厚度；DSA 机房内空尺寸的计算如附图 6。

### 1.3.3 设备配置

本项目的配套设施设备见表 1-3。

表 1-3 本项目配套设施设备配置一览表

| 序号 | 名称                | 数量  | 用途        | 位置     | 备注                               |
|----|-------------------|-----|-----------|--------|----------------------------------|
| 1  | DSA（125kV，1000mA） | 1 台 | 介入手术      | DSA 机房 | II类射线装置，单管头，型号 Optima IGS Mega 型 |
| 2  | 血管类超声诊断设备         | 1 套 | 手术配套用     | 介入手术室  | DSA 配套设备                         |
| 3  | 电源柜               | 1 套 | DSA 配电    | 设备间    | DSA 配套设备                         |
| 4  | 高压发生柜             | 1 套 | DSA 高压装置  | 设备间    |                                  |
| 5  | 系统控制柜             | 1 套 | 设备控制和数据传输 | 设备间    |                                  |
| 6  | 控制系统              | 1 套 | DSA 设备操作  | 控制室    |                                  |

|    |                        |                 |            |         |                    |
|----|------------------------|-----------------|------------|---------|--------------------|
| 7  | 临时起搏器                  | 1套              | 手术配套用      | 项目用房内   | 介入手术配套设备           |
| 8  | 心电图机                   | 1台              | 手术配套用      | 项目用房内   |                    |
| 9  | 除颤仪                    | 1台              | 手术配套用      | 项目用房内   |                    |
| 10 | 高压注射器                  | 1台              | 手术配套用      | 项目用房内   |                    |
| 11 | 吸痰器                    | 1台              | 手术配套用      | 项目用房内   |                    |
| 13 | 空气消毒机                  | 1台              | 空气消毒       | 项目用房内   |                    |
| 14 | 铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜      | 2套              | 工作人员防护     | 男更、女更内  | /                  |
| 15 | 介入防护手套                 | 若干              | 工作人员防护     | 男更、女更内  | 不小于 0.025mmPb      |
| 16 | 床侧防护帘/床侧防护屏            | 1套              | 工作人员防护     | DSA 机房内 | 设备配置, 不小于 0.5mmPb  |
| 17 | 铅悬挂防护屏/铅防护帘            | 1套              | 工作人员防护     | DSA 机房内 | 设备配置, 不小于 0.25mmPb |
| 18 | 移动铅防护屏风                | 1套              | 工作人员防护     | DSA 机房内 | 不小于 2mmPb          |
| 19 | 铅橡胶性腺防护围裙(方形)或方巾、铅橡胶颈套 | 成人<br>儿童<br>各1套 | 患者防护       | 缓冲区内    | 不小于 0.5mmPb        |
| 20 | 个人剂量计                  | 14个             | 工作人员个人剂量监测 | 工作人员佩戴  | 拟购                 |

备注：今后根据需要配置儿童个人防护用品，铅当量不低于 0.5mmPb。另外，可以根据工作人员及患者需要选配铅橡胶帽子，铅当量不低于 0.25mmPb。

#### 1.4 项目劳动定员、工作制度及工作负荷

本项目拟调配8名放射工作人员，主要包括介入手术医师4人、技师2人、护士2人，均从医院现有工作人员中调配培养，不新增医院总劳动定员。

工作制度：本项目放射人员年工作250天，调配到本项目的放射工作人员不再从事其余放射工作，仅从事本项目的相应放射工作。

工作负荷：本项目预计最大年开展介入手术约 600 台。其中神经介入手术 400 台，综合介入手术 200 台。

#### 1.5 外环境概况

巫山县人民医院早阳分院位于巫山县龙门街道桂花村四社临楚阳大道和早阳大道及桂花大道交汇处，北侧和东侧为桂花大道，东南侧紧邻为巫山县残联办公楼，距早阳分院大楼约 80m，西侧及西北侧为楚阳大道。具体分布见附图 2。

本项目位于早阳分院大楼 9 楼中部西侧。大楼共地面建筑有 9 层，地下建筑 3 层，地上 1、2 层有裙楼。9 楼为医院手术部用房区域，介入手术室西侧临空；东侧、北侧、南侧均为 9 楼手术部区域，具体分布见附图 2 和附图 3。

医院外环境关系见表 1-4。

表 1-4 医院外环境关系表一览表

| 序号 | 名称       | 方位 | 最近距离 | 高差 | 环境特征        |
|----|----------|----|------|----|-------------|
| 1  | 巫山县残联办公楼 | 东南 | 紧邻   | 0  | 办公楼，约 100 人 |

### 1.6 项目选址可行性分析

本项目选址位于医院早阳分院大楼，本次根据医院需求建成 DSA 机房及配套用房，建成后介入手术室工作场所相对独立，不影响医院早阳分院其他诊疗活动和医院的整体布局。

项目位于早阳分院大楼 9 楼手术部，活动的公众人员较少，楼上为楼顶设施设备区域，通常无人滞留，楼下为 8 楼 ICU 病房，活动的公众成员较少；项目拟采取的防护方案满足标准要求，充分考虑周围场所的安全，对周围环境影响可以接受；周围房间墙体防护效果较好，以上因素均有利于减少 X 射线对公众成员的影响。

此外，根据现状监测结果，场址的辐射环境质量状况良好，有利于项目的建设。因此，从辐射环境保护角度分析，项目选址可行。

### 1.7 与项目有关的环境保护问题

#### 1.7.1 项目用房环保手续情况

本项目位于医院早阳分院大楼 9 楼，巫山县人民医院早阳分院建项目已按照要求编制完成了环境影响报告表，并取得了巫山县环境保护局出具的《重庆市建设项目环境影响评价文件批准书》，批准书文号为：渝（巫山）环准[2018]023 号，批准时间为 2018 年 10 月 15 日，详见附件 9。

目前医院早阳分院主体工程已建成，项目所在楼层正在装修建设中，尚未完成验收工作。

#### 1.7.2 与项目有关辐射环境问题

根据调查，医院现有辐射安全许可证号为渝环辐证（00474）（详见附件 3），有效期至 2027 年 9 月 1 日。医院开展的核技术利用项目为使用 II 类、III 类射线装置，其中 II 类射线装置 2 台，III 类射线装置计 14 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 |
|--------|-------|-------------------------|------|------------|------|
| 序号     | 装置名称  | 设备型号                    | 类别   | 场所         |      |
| 1      | 牙片机   | MSD-III                 | III类 | 净坛分院三楼     | 已上证  |
| 2      | DR 机  | 安健 dtp580-2             | III类 | 净坛分院负一楼    | 已上证  |
| 3      | DR 机  | 1000M-04                | III类 | 医院本部住院大楼三楼 | 已上证  |
| 4      | CT 机  | SOMATOM EMTION16 型 CT 机 | III类 | 净坛分院负一楼    | 已上证  |
| 5      | DSA   | AlluraXper FD20 型 DSA   | II类  | 医院本部住院大楼三楼 | 已上证  |
| 6      | 口腔全景机 | CRANWX D 型口腔全景机         | III类 | 净坛分院负二楼    | 已上证  |
| 7      | 模拟定位机 | SL-ID                   | III类 | 医院本部二门诊负二楼 | 已上证  |
| 8      | DR 机  | DEFININUM 6000 型 DR 机   | III类 | 医院本部住院大楼三楼 | 已上证  |
| 9      | C 臂   | JZ06-1 型术中小 C 臂         | III类 | 医院本部住院大楼七楼 | 已上证  |
| 10     | CT 机  | SOMATOM 型 CT 机          | III类 | 医院本部住院大楼三楼 | 已上证  |
| 11     | DR 机  | 东软 NeuStar 型 DR 机       | III类 | 净坛分院负二楼    | 已上证  |
| 12     | 直线加速器 | XHA1400 型直线加速器          | II类  | 二门诊负二楼     | 已上证  |
| 13     | 数字胃肠机 | HF51-3A                 | III类 | 住院大楼三楼     | 已上证  |
| 14     | 钼靶机   | mammomta Select         | III类 | 净坛分院负二楼    | 已上证  |
| 15     | CT 机  | SOMATOM go.Now          | III类 | 医院本部感染科一楼  | 已上证  |
| 16     | 口腔 CT | PP3-1                   | III类 | 净坛分院负二楼    | 已上证  |

经现场调查，医院放射工作人员配备满足原有项目开展需求，建立了个人剂量监测档案和职业健康检查档案。根据医院放射工作人员个人剂量监测报告可知，医院放射工作人员 2022 年 10 月至 2023 年 9 月个人剂量之和在 0.07mSv/a~4.87mSv/a，年个人剂量均低于医院的管理目标值 5mSv/a，医院去年也未发生放射工作人员的年剂量超标情况。放射工作人员均进行了辐射工作安全防护培训，并通过了考核。

医院成立有辐射防护管理机构，制定了相应的管理制度和应急预案，现有辐射制度完整且能正常运行。

经调查，医院运营至今，辐射设备运营良好，无辐射安全事故发生，相关主管部门未收到环保投诉，也未产生环保纠纷，无环保遗留问题。

### 1.7.3 本项目与医院整体的依托可行性分析

本项目位于巫山县人民医院早阳分院建设项目内，主要依托医院主体结构、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 本项目与医院依托关系表**

| 依托工程 | 依托情况        | 可行性分析   |
|------|-------------|---|
| 主体工程 | 建筑主体依托      | 本项目为早阳分院大楼 9 楼手术部区域预留用房装修而成，无特殊产排污，无环保遗留问题。本项目 DSA 用于介入手术，使用该区域后不影响医院整体的布局。因此，项目依托已有主体工程可行。 |
| 公用工程 | 给、排水        | 巫山县人民医院早阳分院建设项目新建有供电系统、供水管网、压缩空气，污水处理站等，项目依托可行。   |
|      | 供配电         |   |
|      | 压缩空气        |   |
| 环保工程 | 废水排放、固废处理依托 | 本项目介入手术室属于早阳分院的一部分，其医务人员和病人等产生的废水、固废等均已在早阳分院总体考虑范围内，分院环保设施能满足要求。                            |
| 劳动定员 | 放射工作人员      | 项目劳动定员 8 人，包含医师、技师和护士，均从医院现有工作人员中调配，不新增医院总劳动定员，可以依托。  |
| 管理   | 辐射安全管理      | 医院已设置有辐射防护管理机构，设置了专人管理辐射环境，制定了相应的管理制度和应急预案，可直接依托现有的辐射环境管理机构，管理制度适当完善后可依托。                   |

根据表 1-6 可知，项目依托早阳分院已建的给排水及供配电工程、污水处理站、医疗废物及生活垃圾收运系统等是可行的。

### 1.7.5 本项目与医院发展的衔接

医院本部原已开展有 DSA 介入相关诊疗项目，医院早阳分院建设完成后，医院本部有部分科室（如神经内、外科）将转移至早阳分院，为满足医院诊疗需求，在早阳分院建设中设置 DSA 工作场所并配备诊疗设备，是延续了医院原有医疗服务能力，与医院的发展相适应。

**表 2 放射源**

| 序号      | 核素名称 | 总活度 (Bq) /<br>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  | DSA  | II类 | 1  | Optima IGS Mega 型 | 125        | 1000       | 介入手术 | 医院早阳分院门诊医技住院综合楼 9 楼 | 拟购 |
|    | 以下空白 |     |    |                   |            |            |      |                     |    |

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

| 序号     | 名称 | 类别 | 数量 | 型号 | 最大管电压 (kV) | 最大靶电流 (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 |
|-------------|----|------|----|------|-------|-------|------|------|
| 本项目不涉及放射性废物 |    |      |    |      |       |       |      |      |

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<sup>3</sup>；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<sup>3</sup>）和活度（Bq）。



表 6 评价依据

|        |  |
|--------|--|
| 法律法规文件 | <p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日施行修订版；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日施行修订版；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日施行；</p> <p>(4) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2020 年 9 月 1 日施行修订版；</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》，中华人民共和国国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日施行修订版；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，中华人民共和国国务院令第 449 号，2005 年 12 月 21 日施行，中华人民共和国国务院令第 709 号，2019 年 3 月 2 日修订实施；</p> <p>(7) 《医疗废物管理条例》，中华人民共和国国务院令第 380 号；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，国家环境保护总局令第 31 号，2021 年 1 月 4 日修订实施；</p> <p>(9) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，中华人民共和国环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日施行；</p> <p>(10) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，中华人民共和国生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日施行；</p> <p>(11) 《国家危险废物名录（2021 年版）》，中华人民共和国生态环境部令第 15 号，2021 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(12) 《国家发展改革委关于修改&lt;产业结构调整指导目录（2019 年本）&gt;的决定》，2021 年修订；</p> <p>(13) 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>(14) 《重庆市环境保护条例》，2022 年 11 月 1 日发布；</p> <p>(15) 《重庆市辐射污染防治办法》渝府令〔2020〕338 号，自 2021 年 1 月 1 日起施行；</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) 《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分：化学有害因素（一）》(GBZ2.1-2019)；</p> <p>(7) 《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》(WS76-2020)；</p> <p>(8) 《急性外照射放射病的诊断标准》(GBZ104-2017)；</p> <p>(9) 《用于光子外照射放射防护的剂量转换系数》(GBZ/T 144-2002)；</p> <p>(10) 《医疗废物处理处置污染控制标准》(GB39707-2020)。</p> |
| <p>其他</p>   | <p>(1) 项目备案证，附件 1。</p> <p>(2) 医疗废物处置合同，附件 2</p> <p>(3) 建设单位辐射安全许可证，附件 3。</p> <p>(4) 巫山县人民医院个人剂量计检测结果，附件4。</p> <p>(5) 渝辐监（委）【2023】043 号检测报告，附件 5。</p> <p>(6)NCRP147 号报告《Structural shielding Design for Medical X-ray Imaging Facilities》。</p> <p>(7) 环境影响评价委托书，附件 6。</p> <p>(8) 《辐射防护导论》。</p> <p>(9) 医院提供的防护方案等其他资料。</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，确定以本项目 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**

本项目 DSA 机房位于早阳分院大楼 9 楼中部西侧，DSA 机房东面过道，之外为麻醉办公室和无菌物品库房；南面为刷手池和控制室，之外为设备间和材料库房，约 7m 为电梯井等；西面悬空；北侧为过道，之外为手术部区域；楼上为楼顶设施设备区域，楼下为 8 楼 ICU 病房。

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

**表 7-1 DSA 机房周围环境保护目标一览表**

| 序号 | 名称                   | 方位   | 最近距离 (m) | 高差    | 敏感目标特性            | 受影响人群  |
|----|----------------------|------|----------|-------|-------------------|--------|
| 1  | 过道                   | 东/东北 | 紧邻       | 平层    | 早阳分院手术部区域，约 1 人   | 公众     |
|    | 麻醉医生办公室、无菌库房         |      | 约 3m     | 平层    | 早阳分院手术部区域，约 1 人   | 公众     |
|    | 消防电梯间、手术室、污物打包间等     |      | 约 4m     | 平层    | 早阳分院手术部区域，约 5 人   | 公众     |
|    | 术前麻醉间、复苏间、换车间、医生办公室等 | 东南   | 约 3m     | 平层    | 早阳分院手术部区域，约 2 人   | 公众     |
| 2  | 刷手池、控制室              | 南    | 紧邻       | 平层    | 介入手术室配套用房，约 2 人   | 放射工作人员 |
|    | 设备间、材料库房             |      | 约 3m     | 平层    | 介入手术室配套用房，约 2 人   | 放射工作人员 |
|    | 电梯厅、家属等候区、预留手术室区域    |      | 约 7-50m  | 平层    | 早阳分院手术部区域，约 10 人  | 公众     |
| 3  | 过道                   | 北    | 紧邻       | 平层    | 早阳分院手术部区域，约 1 人   | 公众     |
|    | 手术室区域                |      | 约 3-40m  | 平层    | 早阳分院手术部区域，约 10 人  | 公众     |
|    | 避难间                  |      | 约 40m    | 平层    | 早阳分院手术部区域，约 1 人   | 公众     |
|    | 污物暂存间                |      | 约 44m    | 平层    | 早阳分院手术部配套用房，约 1 人 | 公众     |
| 4  | 楼顶设备设施区域             | 楼    | /        | 高约 4m | 早阳分院设备设施区         | 公众     |

|   |  |    |   |          |                       |    |
|---|--|----|---|----------|-----------------------|----|
|   |  | 上  |   |          | 域, 约 1 人              |    |
| 5 | 8 楼 ICU 病房区域   | 楼下 | / | 低约 3m    | 早阳分院 ICU 病房区域, 约 50 人 | 公众 |
|   | 7F(妇产科住院病房)、4F~6F(内科及外科住院病房)、3F(肾内科及儿科住院病房)、2F(产科、皮肤科、骨科、五官科诊室)、1F(内科、外科、儿科、发热门诊诊室及门诊大厅)、-1F(急诊科、放射科、超声科、牙科诊室)-2F~-3F(停车场) |    | / | 低约 5-40m | 早阳分院病房及诊室等区域, 约 800 人 | 公众 |

### 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。

#### 4.3.2 剂量限制和潜在照射危险限制

##### B1 剂量限值

B1.1.1.1 应对工作人员的照射水平进行控制, 使之不超过下述控制值。

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

b) 任何一年中的有效剂量, 50mSv。

##### B1.2 公众照射

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

#### (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）使用面积及单边长度**

| 设备类型  | 机房内最小有效使用面积 <sup>d</sup><br>m <sup>2</sup> | 机房内最小单边长度 <sup>e</sup><br>m <sup>2</sup> |
|---|--|--|
| 单管头 X 射线设备 <sup>b</sup><br>(含 C 形臂机, 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。

本项目 DSA 为 C 形臂 X 射线设备，执行其屏蔽防护铅当量。

**表 7-3 不同类型射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求**

| 机房类型          | 有用线束方向铅当量<br>(mm) | 非有用线束方向铅当量<br>(mm) |
|---------------|-------------------|--------------------|
| C 形臂 X 射线设备机房 | 2.0               | 2.0                |

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 2.5 $\mu$ Sv/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 25  $\mu$  Sv/h，当超过时应进行机房外人员的年有效剂量评估，应不大于 0.25 mSv。

6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。

续表 7 保护目标与评价标准

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 |
| 介入放射性操作 | 铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套<br>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<br>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<br>选配：铅橡胶帽子 | —      |

注 1：“—”表示不作要求。

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) 《医疗废物处理处置污染控制标准》（GB39707-2020）

介入手术产生的一次性医疗用品、器械等废物属于《国家危险废物名录(2021 年版)》中 HW01 医疗废物，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》（GB 18597—2023）执行。

#### (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。

根据医院提供的资料(附件 6), 医院取《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(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; 取公众年有效剂量约束限值的十分之一即 0.1mSv/a 作为公众成员的年有效剂量管理目标值, 满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)要求。

综上所述, 确定本项目的评价要求见表 7-5 所示。

表 7-5 评价标准汇总表

| 年剂量限值要求   |  |               | 执行依据                      |
|---|--|---------------|---------------------------|
| 分类  | 年有效剂量管理目标值   | 年剂量限值         |                           |
| 放射工作人员  | 5mSv/a   | 20mSv/a       | GB18871-2002<br>及医院管理要求   |
| 公众成员  | 0.1mSv/a   | 1mSv/a        |                           |
| 环境剂量控制  |  |               | 执行依据                      |
| DSA 机房外 (DSA 机房墙体、门、窗表面 30cm, 顶棚上方 (楼上) 距顶棚地面 100cm, 楼下距楼下地面 170cm 处) | 透视工况下周围剂量当量率 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ 。<br>采集工况下周围剂量率应不大于 $25\mu\text{Sv/h}$ , 当超过时应进行机房外人员的年有效剂量评估, 应不大于 0.25mSv。 |               | 《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 ( $\text{m}^2$ )   | 机房内最小单边长度 (m) |                           |
| DSA   | 20   | 3.5           | 《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) |

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

**表 8 环境质量和辐射现状**

**8.1 项目地理位置和场所位置**

拟建项目地理位置位于重庆市巫山县巫山县龙门街道桂花村四社楚阳大道和早阳大道交汇处，地理位置图见附图 1。拟建项目工作场所位于医院早阳分院门诊医技住院综合楼 9 楼中部西侧，楼上为楼顶设施设备区域，楼下均为 ICU 病房。拟建项目场址现状及周围环境现状情况见附图 2，项目平面布置图见附图 3。

**8.2 环境质量和辐射现状**

本项目位于巫山县人民医院早阳分院（巫山县龙门街道桂花村四社楚阳大道和早阳大道交汇处）大楼 9 楼，为掌握本项目所在位置的辐射环境背景水平，重庆渝辐科技有限公司于 2023 年 11 月 13 日对巫山县人民医院早阳分院建设项目（DSA 部分）项目所在地的环境 $\gamma$ 辐射剂量率进行了监测，监测报告编号为：渝辐监（委）[2023]043G 号。

(1) **监测因子：**环境  $\gamma$  辐射剂量率。

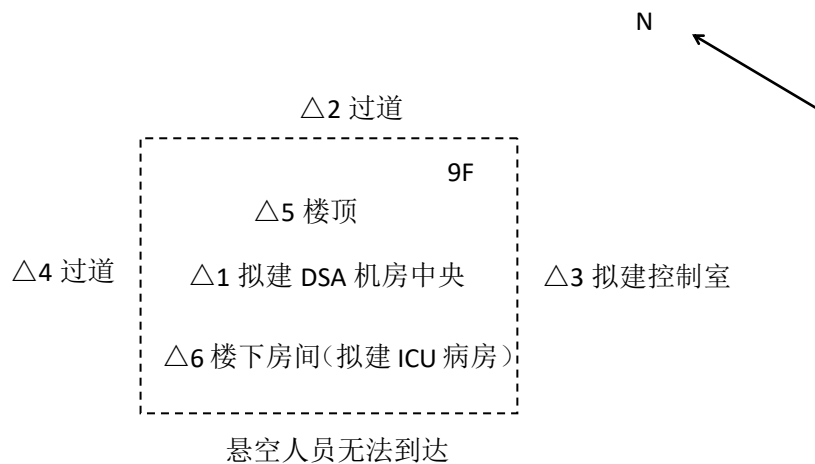
(2) **监测方法和依据**

| 监测项目              | 监测方法 | 监测依据  |
|-------------------|------|---|
| 环境 $\gamma$ 辐射剂量率 | 仪器法  | 《辐射环境监测技术规范》HJ 61-2021<br>《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》HJ 1157-2021 |

(3) **监测仪器情况**

| 仪器名称及型号                | 仪器编号      | 计量检定证书编号              | 有效期至      | 校准因子 |
|------------------------|-----------|-----------------------|-----------|------|
| 多功能辐射剂量率仪<br>RJ32-3602 | RJ3200207 | 2023H21-20-4572973001 | 2024.5.14 | 0.89 |

(4) **监测布点：**本项目共监测 6 个点位，监测报告中监测布点示意图见下图。





监测点位合理性分析：根据监测布点情况，本次在拟建 DSA 机房中央、东侧过道、南侧拟建控制室、北侧过道、楼顶、楼下房间（拟建 ICU 病房）各布设了 1 个监测点位，各监测点位的布设能够反映本项目用房辐射环境水平及临近区域环境 $\gamma$ 辐射水平。因此，项目监测布点合理可行。

#### (5) 质量保证措施

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，监测仪器每年送计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，最后由授权签字人审定签发。

#### (6) 监测结果统计

监测结果统计见表 8-2。

表 8-1 本项目监测结果统计

| 监测点位       | 监测点位描述       | 环境 $\gamma$ 辐射剂量率（nGy/h） |      |     |
|------------|--------------|--------------------------|------|-----|
|            |              | 平均值                      | 标准偏差 | 修正值 |
| $\Delta 1$ | 拟建 DSA 机房中央  | 107                      | 8    | 95  |
| $\Delta 2$ | 过道           | 99                       | 6    | 88  |
| $\Delta 3$ | 拟建控制室        | 106                      | 6    | 94  |
| $\Delta 4$ | 过道           | 109                      | 9    | 97  |
| $\Delta 5$ | 楼顶           | 96                       | 9    | 85  |
| $\Delta 6$ | 楼下房间（ICU 病房） | 102                      | 7    | 91  |

根据监测统计结果可知，项目所在位置环境 $\gamma$ 辐射剂量率的监测值在 85~97nGy/h 之间（未扣除宇宙射线响应值），根据 2022 年重庆市辐射环境质量报告书（简本），重庆市 2022 年环境  $\gamma$  辐射水平年均值范围为 78.0~119nGy/h，全市各点位年均值为 94.5nGy/h（均未扣除宇宙射线响应值）。两者相比，项目选址处辐射环境水平在重庆市  $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率正常涨落范围内。

**表9 项目工程分析与源项**

**9.1 施工期**

早阳分院大楼建设时已预留有本项目用房，本次仅进行配套用房隔墙的建设、墙体的改造，用房的装修，设备的安装等工作，不新增用地。

**(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、钢材等）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。

**(3) 噪声**

施工过程中的噪声主要来自于墙体改造、装修及现场处理等产生的噪声；。

**(4) 固体废弃物**

主要为装修以及墙体改造过程产生的建筑垃圾和包装废物，以及施工人员产生的生活垃圾，产生很少。

**9.2 运行期污染工序及污染物产生情况**

**9.2.1 DSA 设备组成及工作方式**

**(1) DSA 设备组成**

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。

**(2) 工作方式**

在医学影像系统监视引导下，经皮针穿刺或引入导管做抽吸注射、引流或对管腔、血管等做成型、灌注、栓塞等。拟建项目 DSA 机架、X 射线管组合体可在水平和垂直两个方向上转动。介入手术过程中，介入手术医生须在手术床旁并在 X 射线导视下进行操作。

DSA 实物示例照片见图 9-1。

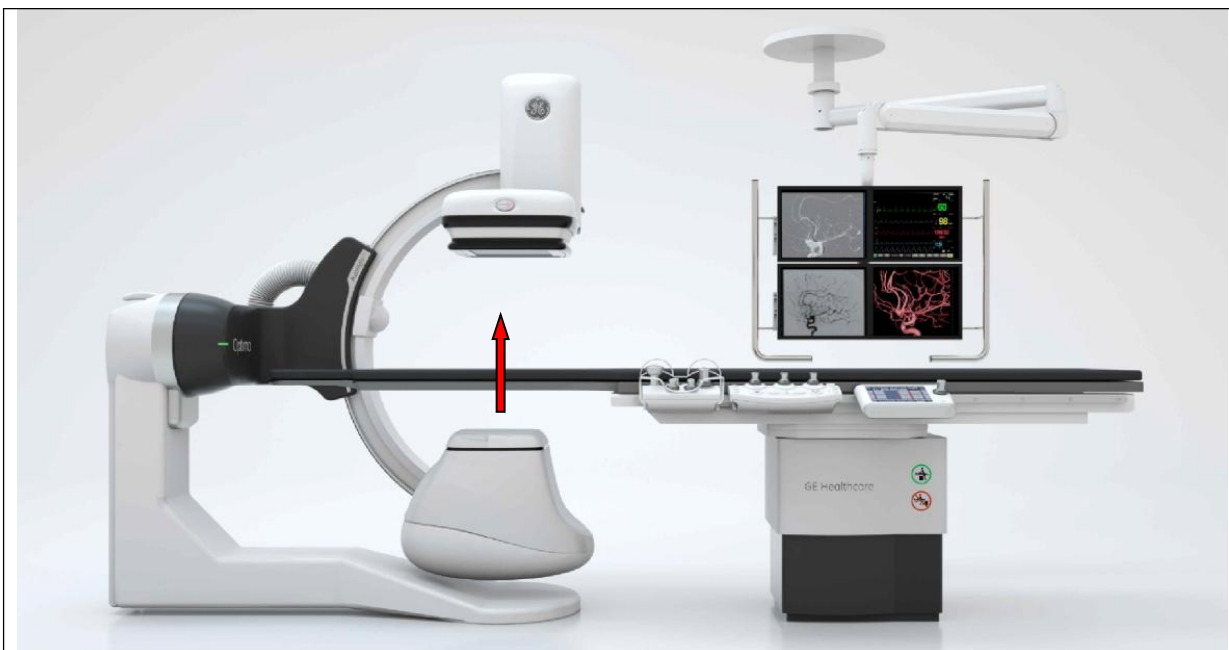


图 9-1 DSA 实物示例照片

### (3) X 射线产生及成像原理

拟建项目配置的 DSA 属于 II 类射线装置，DSA 属于 X 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 9-2。

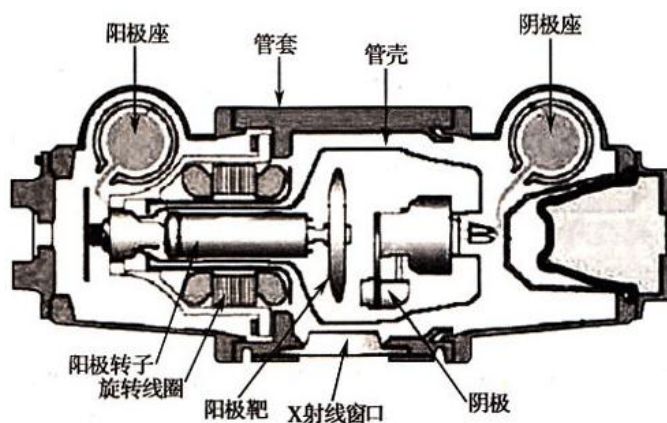


图 9-2 典型 X 射线管结构图

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

成像装置是用来采集透过人体的 X 射线信号的，由于人体各部组织、器官密度不同，对 X 射线的衰减程度各不一样，成像装置根据接收到的不同信号，通过荧光屏或平板探

测器、计算机、摄像机（对影像增器的图像进行一系列扫描，再经过模/数-数/模转换）等方式进行成像。

#### (4) 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，分别经平板探测器探测后，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剪影图像，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。

DSA 工作示意图见图 9-3。

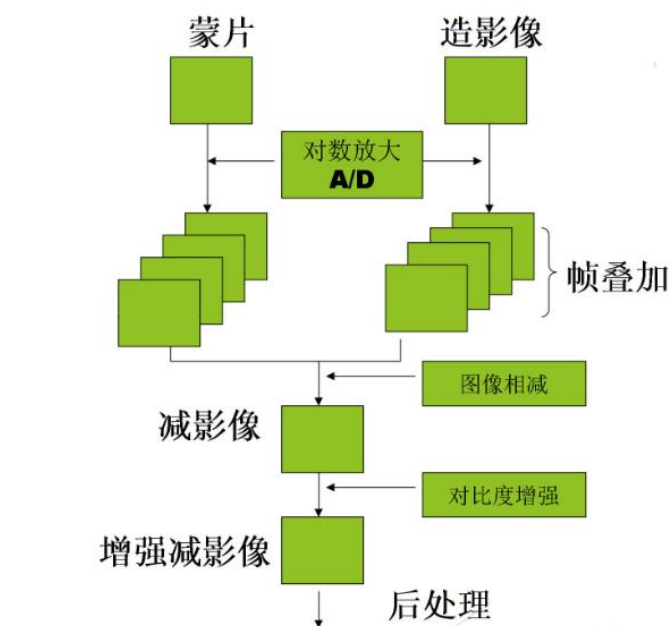


图 9-3 DSA 工作示意图

#### 9.2.2 操作流程

医护人员用推车将患者送入 DSA 机房，引导其躺在手术床上，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 DSA 的引导下，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。在手术过程中，介入手术医生必须在床旁并在 X 射线导视下进行操作。

续表 9 项目工程分析与源项

DSA 治疗流程及产污环节见下图 9-4 所示。

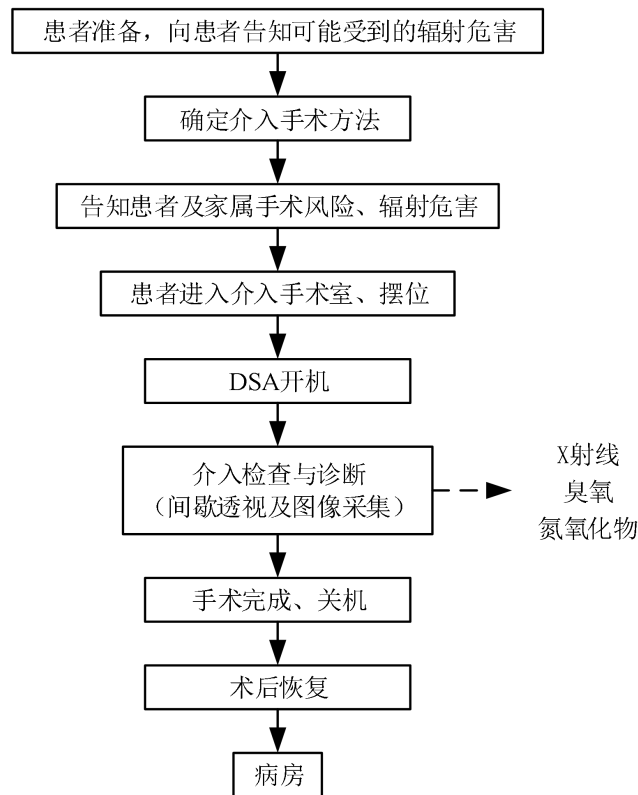


图 9-4 DSA 操作流程及产污环节图

DSA 在进行曝光时分为两种情况：

第一种情况，采集。采集包括电影和减影两种模式，根据手术方案，采集次数不同。一般情况下，电影模式下是医生在 DSA 机房内由手术医生直接采集。在减影模式下则采取隔室操作的方式（即 DSA 技师在控制室内对病人进行曝光），医生通过铅玻璃观察窗和视频监控系统了解机房内病人情况。实际操作过程中，根据手术情况，减影模式下手术医生也可能在 DSA 机房内，曝光时医护人员位于移动铅屏风后。无论哪种工作模式，医生在 DSA 机房内身着铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套等个人防护用品。

第二种情况，透视。病人需进行介入手术治疗时，为更清楚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。

续表 9 项目工程分析与源项

9.2.3 污染因子

(1) 放射性污染因子

①X 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(NO<sub>x</sub>)和臭氧(O<sub>3</sub>)。

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。

9.2.4 工作负荷

根据建设单位提供的资料，本项目 DSA 用于开展神经介入和综合介入手术，年开展 600 台手术。

DSA 预计工作负荷见表 9-1。

表 9-1 DSA 介入手术有效开机时间表

| 透视   |                              |        |            |            |          |
|------|------------------------------|--------|------------|------------|----------|
| 手术类别 | 工作人员及数量                      | 年开展工作量 | 每台手术透视曝光时间 | 年透视曝光时间    |          |
| 神经介入 | 手术医生 4 人<br>技师 2 人<br>护士 2 人 | 400 台  | 约 21min    | 约 140h     |          |
| 综合介入 |                              | 200 台  | 约 21min    | 约 70h      |          |
| 小计   | /                            | 600 台  | /          | 约 210h     |          |
| 采集   |                              |        |            |            |          |
| 手术类别 | 年开展工作量                       | 单次采集时间 | 单台手术采集次数   | 单台手术最大采集时间 | 年采集时间    |
| 神经介入 | 400 台                        | 6~10s  | 4~10 次     | 约 1.7min   | 约 11.33h |
| 综合介入 | 200 台                        | 3~8s   | 7~15 次     | 约 2min     | 约 6.67h  |
| 小计   | 600 台                        | /      | /          | /          | 约 18h    |
| 合计   |                              |        |            |            | 约 228h   |

续表 9 项目工程分析与源项

根据介入手术年工作负荷可知,本项目 DSA 年透视时间共约 210h,采集时间约 18h, DSA 总年有效开机时间约 228h。

### 9.3 路径规划

本项目位于早阳分院大楼9楼,主要由DSA机房、控制室、设备间和材料库房等用房构成,其余辅助用房依托手术部配套用房。

医护通道:介入医生及护士从大楼东侧医护专用电梯进入缓冲区→男/女更衣室→缓冲室→过道→控制室→DSA 机房→手术完成后,原路离开。控制室技师到达控制室后止步,工作完成后原路离开。

病人通道:从大楼西侧电梯厅进入手术部→换车间→术前麻醉→DSA 机房→手术完成后→手术完成后,经过复苏间苏醒,原路离开。

污物通道:手术结束后专人从 DSA 机房内将手术污物从机房西北侧防护门运出→污物暂存间→运至医院早阳分院医疗废物暂存间。

本项目人流物流走向示意图见附图5所示。

### 9.4 污染源项描述

#### 9.4.1 电离辐射

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

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

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

续表 9 项目工程分析与源项

电压，即 125kV，电流自动跟随电压，电流不大于 500mA。②常用透视工况为 60~90kV/5~20mA，采集工况为 60~90kV/300~500mA。

根据射线衰减原理和《辐射防护导论》，不同过滤条件下离靶 1 米处的 X 射线发射率如下图 9-5 所示。

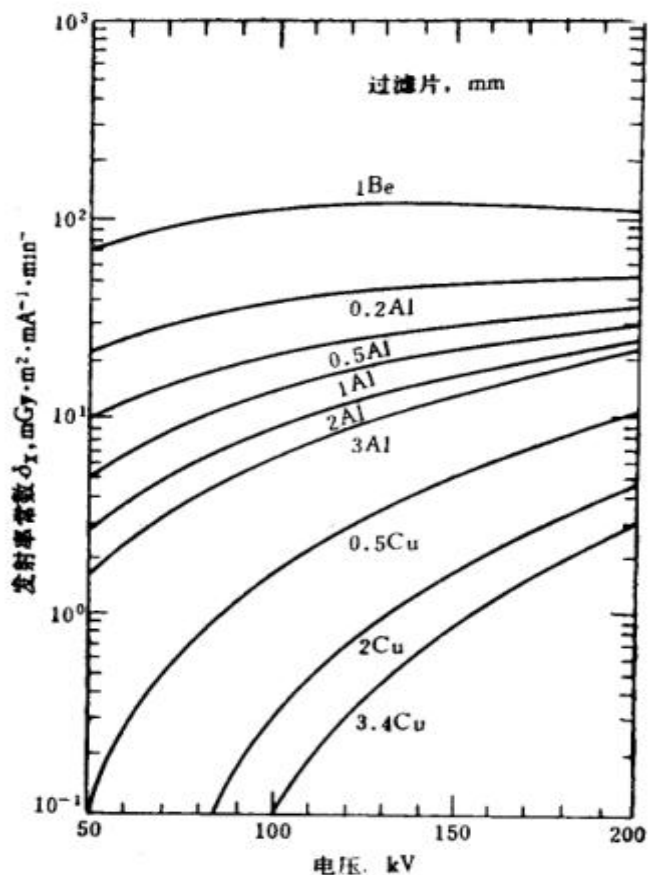


图 9-5 不同过滤材质在恒电位 X 射线发生器在离靶 1 米处的发射率

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

表 9-2 最大电压和常用最大电压距靶 1m 处有用线束的发射率

| 序号 | 电压          | 距靶 1m 处有用线束的发射率               |
|----|-------------|-------------------------------|
| 1  | 最大管电压 125kV | 9.8mGy·m <sup>2</sup> /mA·min |
| 2  | 常用最大电压 90kV | 5.3mGy·m <sup>2</sup> /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 100cm<sup>2</sup> 区域内的平均空气比释动能不超过 1mGy/h。



## 续表9 项目源项与工程分析

**(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。

### 9.4.2 “三废”排放情况

#### (1) 废气

X 射线与空气作用,可以使气体分子或原子电离、激发,产生少量臭氧和氮氧化物,对室内环境空气质量影响较小。

#### (2) 固废

介入手术产生的感染性废物(841-001-01)、损伤性废物(841-002-01),属于《国家危险废物名录》中 HW01 医疗废物。医院在 DSA 机房内设置感染性和损伤性废物收集桶,并粘贴标识,每台手术结束后经 DSA 机房西北侧沿污物通道运至 9 楼西北侧配套的污物暂存间整理打包,再经污物暂存间运至医院早阳分院医疗废物暂存间暂存,再统一由资质单位处理,以每年 600 台手术,每台手术 0.5kg 计,废物产生量约 300kg/年。DSA 在运行时均采用实时成像系统,不洗片,无废片产生。项目产生生活垃圾依托院内生活垃圾暂存间暂存交环卫部门处理。DSA 设备报废后,通过拆解高压球管和去功能化后交由物资回收部门处理,高压球管内的阴极射线管属于《国家危险废物名录》中 HW49 其他废物,废物代码为 900-044-49,交由有资质的单位回收,阴极射线管重约 2kg,更换时产生废物量为 2kg/次。项目配置多套铅橡胶衣、帽子等含铅防护用品,在使用一定年限后屏蔽能力减弱,不再使用的铅防护用品,医院收集后妥善保存,做好记录,交由有资质单位处理,本项目铅防护用品重约 50kg,更换时产生废物量为 5kg/次。

#### (3) 废水

本项目产生的少量生活污水、医疗废水等进入医院早阳分院污水处理站统一处理。

续表9 项目源项与工程分析

9.5 本项目主要产排污汇总

综上，本项目主要污染物产生情况统计汇总见表 9-3。

表 9-3 污染因子一览表

| 工作场所      | 影响因素       | 主要污染因子                          | 产排量   |
|-----------|------------|---------------------------------|---|
| 介入<br>手术室 | 电离辐射       | X 射线                            | 距靶 1m 处有用线束的发射率：125kV 下不大于 9.8mGy·m <sup>2</sup> /mA·min, 90kV 不大于 5.3mGy·m <sup>2</sup> /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 <sub>3</sub> 、NO <sub>x</sub> | 少量（机械排风）  |
|           | 固废         | 医疗废物                            | 少量（每台手术结束后运至东侧污物暂存间整理打包，及时运至医院早阳分院医疗废物暂存间暂存，交有资质单位处理）   |
|           |            | 危险废物                            | 少量（DSA 设备报废后，通过拆解高压球管和去功能化后交由物资回收部门处理，高压球管内的阴极射线管属于危险废物，废物代码为 900-044-49，交由有资质的单位回收）  |
|           |            | 生活垃圾                            | 少量（交环卫部门处置）   |
|           |            | 废铅防护用品                          | 少量（医院收集后妥善保管，做好记录，交有资质单位处理）   |
| 废水        | 生活污水、医疗废水等 | 少量（排入医院早阳分院污水处理站处理）             |   |

## 表 10 辐射安全与防护

### 10.1 布局与分区

#### 10.1.1 项目布局合理性分析

本项目用房位于早阳分院大楼 9 楼，周围活动的公众人员较少，有独立的 DSA 机房，配有单独的控制室，其它辅助配套用房齐全，满足诊疗需求。介入手术室西侧悬空，人员无法到达；南侧为洗手池和控制室，其余两面均为手术部过道。介入手术室四周除工作人员和病人可以进出外，其他公众成员未经允许不得入内，有利于减少对周围公众的影响。DSA 机房设置 3 个防护门，南墙上的平开防护门用于医护工作人员进出，东墙上的电动推拉门用于病人进出，北墙平开防护门用于污物运出，各路径独立。DSA 机房南墙上设置 1 个观察窗，用于控制室放射工作人员随时观察手术室内的情况。项目布局便于介入手术室的辐射安全管理，符合有关法规标准与辐射防护安全要求。从辐射防护与环境保护角度，平面布局合理。

#### 10.1.2 机房面积

本项目 DSA 机房的内空尺寸和标准要求见表 10-1 所示。

表 10-1 机房建设要求对比表

| 机房名称   | 设计情况          |                             | 标准要求          |                               | 是否满足要求 |
|--------|---------------|-----------------------------|---------------|-------------------------------|--------|
|        | 机房内最小单边长度 (m) | 机房内有效使用面积 (m <sup>2</sup> ) | 机房内最小单边长度 (m) | 机房内最小有效使用面积 (m <sup>2</sup> ) |        |
| DSA 机房 | 6.6           | 50.5                        | ≥3.5          | ≥20                           | 满足     |

本项目 DSA 机房最小单边长及最小有效使用面积均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求。

#### 10.1.3 工作场所分区

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

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

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

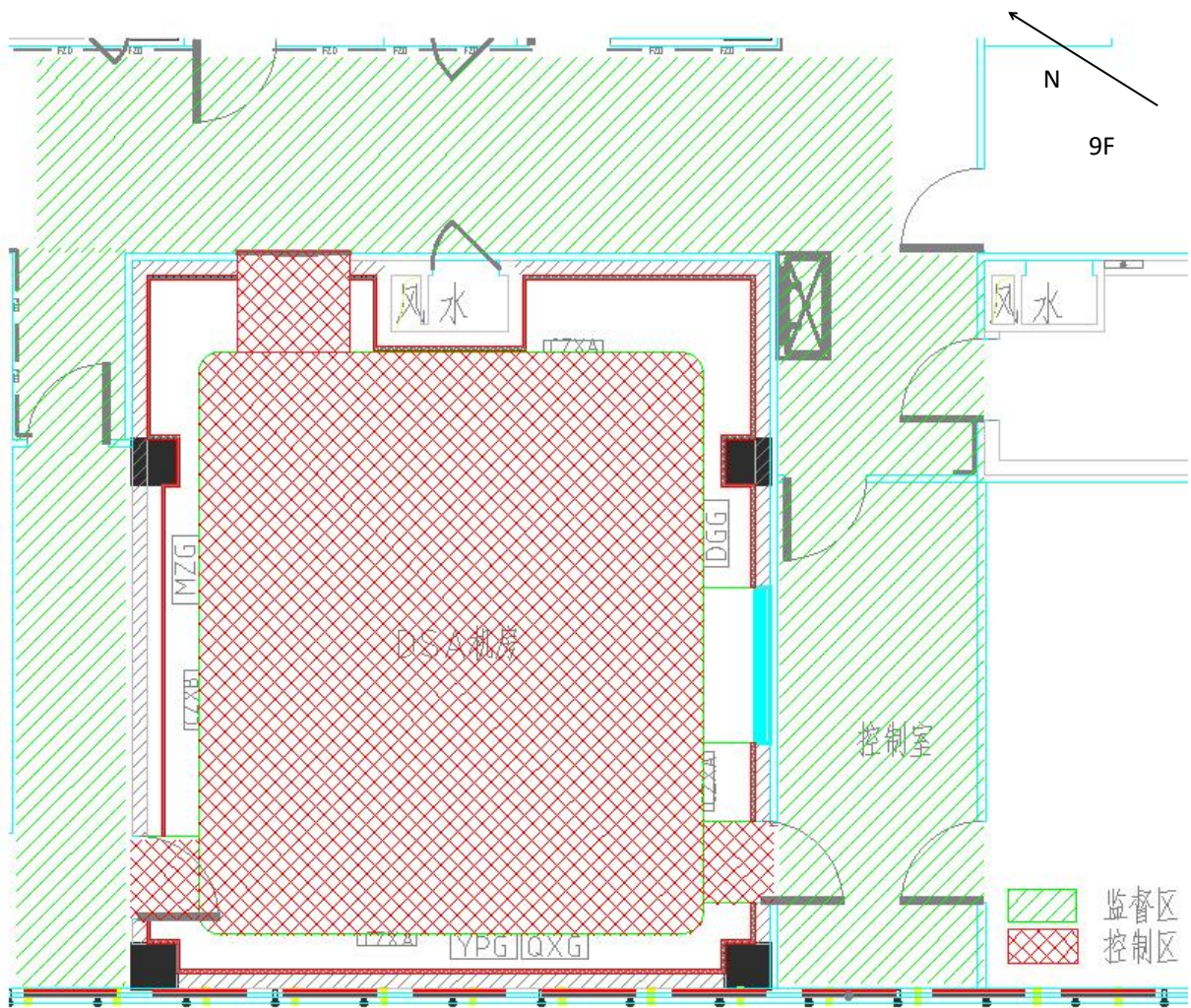
**续表 10 辐射安全与防护**

根据上述要求，医院拟对项目进行分区管理，将工作场所划分为控制区和监督区，具体划分见表 10-2 及图 10-1。

**表10-2 本项目控制区、监督区划分**

| 分区类型  | 划分区域                                      |
|-------|---|
| 控制区范围 | DSA 机房                                    |
| 监督区范围 | 北侧过道、东侧过道、南侧洗手池和控制室、楼上楼顶设施设备区域、楼下 ICU 病房等 |

医院严格限制无关人员进出控制区，在正常诊疗的工作过程中，控制区内不得有无关人员滞留，保障该区的辐射安全，控制区边界铅防护门设置电离辐射警告标识、拟设置门灯连锁装置、工作状态指示灯。监督区设置标志标识并进行日常工作场所的辐射监测。



**图 10-1 本项目分区图**

续表 10 辐射安全与防护

## 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

本项目购置的 DSA 装置自身采取多种固有安全防护措施：

①购置的 DSA 设备配置有限束装置，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 射线管头处设置合适铝过滤板，以多消除软 X 射线以及减少二次散射，优化有用 X 射线谱。设备提供适应 DSA 不同应用时可以选用的各种形状与规格的准直器隔板和铝过滤板。平板探测器前面酌情配置各种规格的滤线栅，减少散射影响。

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

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

#### (2) 机房采取的辐射安全与防护措施

①本项目 DSA 机房的有效使用面积为 50.5m<sup>2</sup>，机房东墙、南墙、西墙和北墙均为 37cm 实心砖墙；顶棚为 25cm 混凝土（密度不低于 2.35g/cm<sup>3</sup>，下同），地板为 15cm 混凝土+ 33mm 硫酸钡水泥，3 个防护门及 1 个观察窗均为 4mmPb，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。

②DSA 机房设置 3 个防护门和 1 个观察窗。其中机房与控制室防护门、机房北侧通往过道的门为平开门，拟设置自动闭门装置；机房与东侧过道之间的门为电动推拉式门，拟设置闭门防夹装置；观察窗四周配备防护窗套，窗套屏蔽能力与铅玻璃屏蔽能力相当，由专业单位施工，保证施工质量。

③DSA 机房在建设时保证施工质量，防护门、防护窗的生产和安装由有生产资质的厂家承担，防护门、防护窗与墙体拟采取足够的搭接，不影响屏蔽体的屏蔽效果。

续表 10 辐射安全与防护

④配备辅助防护设施：包括铅悬挂防护屏、铅防护帘、床侧防护帘、床侧防护屏。

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

⑥辐射安全连锁：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，如果图 10-2 中任何一个要素缺失或按下任何一个急停开关，设备会立即停止运行。辐射安全连锁逻辑见图 10-2。

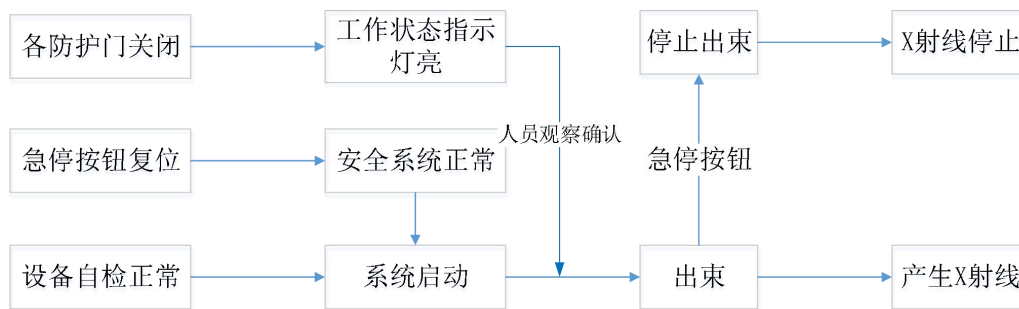


图10-2 辐射安全连锁逻辑图

### (3) 通风

采用中央空调送风和回风，采用排风扇机械排风：在 DSA 机房设有 6 个送风口和 4 个回风口，机械排风口 1 个；介入手术室其他区域共设置有 5 个送风口和 3 个回风口，机械排风口 1 个。排风管道和通风管道进出 DSA 机房离地高度为 3.5m，平面分布图如附图 7 所示。

### (4) 管线穿墙防护及防护补偿

①穿墙电缆管线：设备间进入 DSA 机房的设备电缆导线从 DSA 机房底部由 8 楼顶棚垂直进入，管径约 10cm，穿孔位置位于拟建 DSA 设备正下方，穿墙位置管线均拟用两倍管径长度 4mmPb 铅皮包裹进行屏蔽防护补偿，穿墙方式及防护补偿示意图如图 10-3.1 所示；设备间进入 DSA 机房的照明线管经由控制室顶部直穿进入 DSA 机房，距地面高度约 4.6m，管径约 10cm；东侧过道进入 DSA 机房的照明线管、医气线管从过道顶直穿进入 DSA 机房，距地面高度约 4.6m，管径约 10cm，穿墙位置管线均拟用两倍管径长度 4mmPb 铅皮包裹进行屏蔽防护补偿，穿墙方式及防护补偿示意图如图 10-3.2 所示，穿墙位置见附图 8。DSA 运行产生的 X 射线经过多次散射后在机房外的影响很小。

续表 10 辐射安全与防护

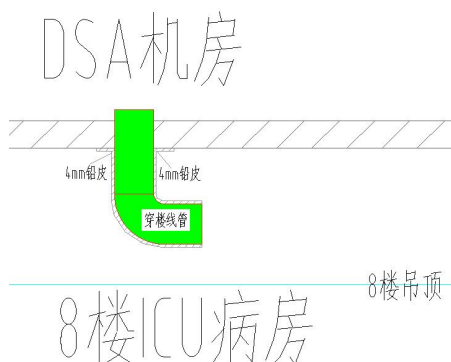


图 10-3.1: 穿楼线管及防护补偿示意图

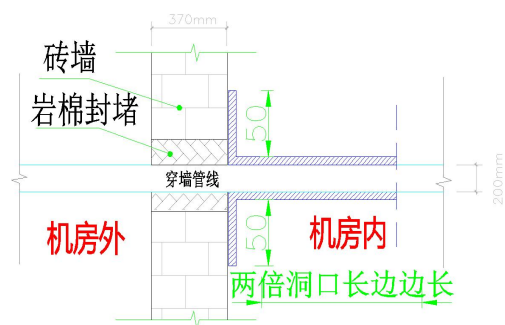


图 10-3.2: 穿墙照明线管、风管及防护补偿示意图

②穿墙风管及防护: DSA 机房内风管直穿过四周墙体, 距 9 楼楼面高度约 3.5-3.8m, 位于吊顶与顶棚间, 管径为 20-80cm 不等, 穿墙位置及管径大小示意图如附图 8 所示; 拟在穿墙位置管线拟用两倍管径长度 4mmPb 铅皮四面包裹进行屏蔽防护补偿, 穿墙方式及防护补偿示意图如图 10-3.2 所示, DSA 运行产生的 X 射线经过多次散射后在机房外的影响很小。

③穿墙配电箱: DSA 机房东墙设置了一个 750mm×1200mm×300mm 配电箱, 现场踏勘时发现施工单位已将该部分墙体打穿, 配电箱安装完毕后拟采用 4mmPb 铅皮对该区域进行覆盖防护补偿, 铅皮尺寸为 1800×1350mm, 面层采用钢板和膨胀螺丝加固, 钉头用 4mm 厚铅皮包裹。补偿后, 该区域防护效果优于原有防护方案, DSA 运行产生的 X 射线在机房外的影响很小。

④消防井墙体: DSA 机房东墙设置了一个消防井, 消防井门洞尺寸为 900mm×1800mm, 现场踏勘时发现该门洞对应消防井区域为多孔页岩砖, 拟消防井区域采用 4mmPb 铅皮对该区域进行防护补偿, 铅皮尺寸为 3840mm×4580mm, 采用钢板和膨胀螺丝加固, 钉头用 4mm 厚铅皮包裹。补偿后, 该区域防护效果优于原有防护方案, DSA 运行产生的 X 射线在机房外的影响很小。

### (5) 联锁系统

DSA 机房病人进出防护门、机房西北侧防护门、医护进出防护门均拟设置门灯联锁系统, 安全联锁逻辑见图 10-2, 设置的“射线有害、灯亮勿入”指示灯亮, 警示无关人员远离 DSA 机房区域。

### (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, 并在东侧过道墙壁张贴放射防护

**续表 10 辐射安全与防护**

注意事项。

**(7) 辐射防护用品**

根据建设单位提供的资料，医院拟配备个人防护用品，具体见表 10-3。

**表 10-3 本项目拟配置个人防护用品和辅助防护设施情况表**

| 使用对象 | 个人防护用品                         |            |                   | 辅助防护设施          |          |     |
|------|--------------------------------|------------|-------------------|-----------------|----------|-----|
|      | 名称                             | 铅当量        | 数量                | 名称              | 铅当量      | 数量  |
| 工作人员 | 铅橡胶围裙<br>铅橡胶颈套                 | ≥0.5mmPb   | 2 套               | 床侧防护帘/床<br>侧防护屏 | ≥0.5mmPb | 1 套 |
|      | 铅防护眼镜                          | ≥0.25mmPb  | 2 套               | 铅悬挂防护屏/<br>铅防护帘 | ≥0.5mmPb | 1 套 |
|      | 介入防护手套                         | ≥0.025mmPb | 若干                | 移动铅防护屏<br>风     | ≥2mmPb   | 1 套 |
| 患者   | 铅橡胶性腺防护<br>围裙（方形）或方<br>巾、铅橡胶颈套 | ≥0.5mmPb   | 儿童和<br>成人各<br>1 套 | /               | /        |     |

备注：①今后根据需要儿童个人防护用品，铅当量不低于 0.5mmPb。②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。③铅橡胶围裙前片的铅当量 0.5mmPb，其余部分的铅当量 0.25mmPb。

**(8) 管理措施**

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

②合理布置机房内急救及手术用辅助设备，机房内拟安装对讲装置。

③医院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。

④介入手术室投入使用后，医院应持续观察 DSA 机房含防护门、钱玻璃窗等屏蔽体状态，定期委托有资质单位监测，发现问题及时采取补救措施，确保项目屏蔽体的屏蔽效果良好。

**10.2.2 拟采取辐射安全与防护措施与相关要求的符合性分析**

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

根据表 10-4 可知，本项目拟采取的辐射安全与防护措施满足以上标准要求。



续表10 辐射安全与防护

表 10-4 项目拟采取的辐射安全与防护措施与相关标准要求对比分析表

| 标准号   | 标准要求  | 项目情况  |   |
|---|---|---|---|
| GBZ130-2020   | 5.1 一般要求                                    | 5.1.1 X 射线设备出线口上应安装限束系统(如限束器、光阑等)。                            |   |
|   |   | 5.1.2 X 射线管组件上应有清晰的焦点位。                                       |   |
|   |   | 5.1.3 X 射线组件上应标明固有过滤,所有附加滤过片应标明其材料和厚度。                        |   |
|   | 5.2 透视用 X 射线设备防护性能的专用要求                     | 5.2.1C 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。  | 拟购置的 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。                           | 拟购设备自带,透视曝光开关为常断式开关,并配有透视计时及限时报警装置。                   |
|   | 5.8 介入放射学、近台同室操作(非普通荧光屏透视)用 X 射线设备防护性能的专用要求 | 5.8.1 介入放射学、近台同室操作(非普通荧光屏透视)用 X 射线设备应满足其相应设备类型的防护性能专用要求。      | 拟购设备防护性能满足要求。   |
|   |   | 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。                 | 拟购设备设备自带,设备具备工作人员在不变换操作位置情况下能成功切换透视和摄影功能的脚踩控制键。       |
|   |   | 5.8.3 X 射线设备应配备能阻止使用焦皮距小于 20cm 的装置。                           | 拟购设备配备能阻止使用焦皮距小于 20cm 的装置, 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。         | 拟购设备自带,设备控制台和机房内显示器上能显示当前受检者的辐射剂量测定指示和多次曝光剂量记录。       |
|   | 6.1X 射线设备机房布局                               | 6.1.1 应合理设置 X 射线设备、机房的门、窗和管线口位置,应尽量避免有用线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位。 | 拟购设备具有平板探测器,有用线束主要被其屏蔽,机房的门、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。 |   | DSA 机房四周墙体和楼上拟采用足够厚的屏蔽材料进行防护,已考虑邻室及周围场所的人员防护与安全。              |   |

续表10 辐射安全与防护

|   |                      |  |   |
|---|----------------------|--|---|
|   |                      | 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 设置有独立的机房，能满足使用设备的布局要求。  |
|   |                      | 6.1.5 除床旁摄影设备、便携式 X 射线设备和车载式诊断 X 射线设备外，对新建、改建和扩建项目和技术改造、技术引进项目的 X 射线设备机房，其最小有效使用面积、最小单边长度应符合表 2 的规定。   | DSA 机房有效使用面积为 50.5m <sup>2</sup> ，最小单边长为 6.6m，均能满足标准要求。                           |
| GBZ130-2020   | 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（GBZ130-2020 中）表 3 的规定。   | 根据后文计算，本项目 DSA 机房的屏蔽防护能力均大于 2mmPb，满足要求。   |
|   | 6.3 X 射线设备机房屏蔽体外剂量水平 | 6.3.1 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：<br>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；<br>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 0.1mSv。 | 根据后文核算，本项目 DSA 在透视工况下机房屏蔽体外的周围剂量当量率均不大于 2.5μSv/h。摄影工况下机房屏蔽体外的周围剂量当量率均不大于 25μSv/h。 |
|   | 6.4 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。   | 机房拟设置观察窗，能观察到受检者状态及防护门开闭情况。拟设置对讲装置便于患者与控制室医生沟通。                                   |
|   |                      | 6.4.2 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。  | 机房内除必要的配套设施外，将不堆放其他杂物。  |
|   |                      | 6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。  | 机房拟采取机械排风，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。 |                      | DSA 机房病人进出防护门、机房西北侧防护门、医护进出防护门均拟设置门灯连锁系统，即在开机时，门上方拟设置的“射线有害、灯亮勿入”指示灯亮。<br>DSA 机房东侧过道墙壁拟设置放射防护注意事项告知栏。  |   |

续表10 辐射安全与防护

|                             |   |  |  |
|-----------------------------|---|--|--|
|                             |   | 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。                   | 机房南侧与医护进出防护门、北侧过道的门为平开门，设置自动闭门装置；机房东侧与病人进出口之间的门为电动推拉式门，设置防夹装置；拟在病人进出防护门边上张贴管理制度，手术期间机房门关闭，任何人不得擅自打开；DSA 机房病人进出防护门、西北侧防护门、医护进出防护门均设置门灯连锁系统。 |
|                             |   | 6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。  | DSA 机房患者进出的防护门为电动推拉式门，拟设置防夹装置。   |
|                             |   | 6.4.7 受检者不应在机房内候诊；非特殊情况，检查过程中陪检者不应滞留在机房内。                                      | 加强管理，将其列入管理制度中，按标准要求执行。  |
|                             |   | 6.4.10 机房出入门宜处于散射辐射相对低的位置。   | 设备自带影像接收器器能较好的阻挡主射线，机房出入门均处于散射辐射相对低的位置。  |
| 6.5 X 射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求 | 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。 | 拟配置相应的辐射防护用品，数量和铅当量均满足要求。具体配置设施数量和铅当量见表 10-3。                                  |  |
|                             | 6.5.4 应为儿童的 X 射线检查配备保护相应组织和器官的防护用品，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.5mmPb。   |  |  |
|                             | 6.5.5 个人防护用品不使用时，应妥善存放，不应折叠放置，以防止断裂。  | 拟加强个人防护用品管理，采用悬挂或平铺方式存放，不折叠。   |  |
| GBZ130-2020                 | 7.8 介入放射学和近台同室操作（非普通荧光屏透视）用 X 射线设备操作的防护安全要求   | 7.8.2 介入放射学用 X 射线设备应具有可准确记录受检者剂量的装置，并尽可能将每次诊疗后受检者受照剂量记录在病历中，需要时，应能追溯到受检者的受照剂量。 | 设备具有可准确记录受检者剂量的装置，医院拟将每次介入手术后受检者受照剂量记录在病历中，需要时可追溯。   |
|                             |   | 7.8.3 除存在临床不可接受的情况外，图像采集时工作人员应尽量不在机房内停留；对受检者实施照射时，禁止与诊疗无关的其他人员在机房内停留。          | 拟加强管理，图像采集时工作人员尽量不在机房内停留；对受检者实施照射时，禁止与诊疗无关的其他人员在机房内停留。   |

续表10 辐射安全与防护

|             |            |  |  |
|-------------|------------|--|--|
|             |            | 7.8.4 穿着防护服进行介入放射学操作的工作人员,其个人剂量计佩戴要求应符合 GBZ128 的规定。  | 医院拟为每名介入手术的医护人员在铅防护衣内外各配置 1 枚个人剂量计, 满足要求。                |
|             |            | 7.8.5 移动式 C 形臂 X 射线设备垂直方向透视时,球管应位于病人身体下方;水平方向透视时,工作人员可位于影像增强器一侧,同时注意避免有用线束直接照射。  | 拟制定操作规程及人员岗位职责,将球管旋转至病人身体下方,手术人员在操作过程中合理站位,避开有用线束。       |
| GBZ128-2019 | 5.3 剂量计的佩戴 | <p>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。</p> <p>5.3.3 对于 5.3.2 所述工作情况,建议采用双剂量计监测方法(在铅围裙内躯干上再佩戴另一个剂量计),且宜在身体可能受到较大照射的部位佩戴局部剂量计(如头箍剂量计、腕部剂量计、指环剂量计等)。</p> | 医院拟为本项目每名介入手术的医护人员在铅防护衣内外各配置 1 枚个人剂量计。DSA 技师配置 1 枚个人剂量计。 |

根据表10-4可知,本项目拟采取的辐射安全与防护措施满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)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。

**表 11 环境影响分析**

**11.1 施工期环境影响**

施工期主要为用房的改造、屏蔽体及安装防护铅门、铅玻璃窗等防护设施建设，以及改造装修项目辅助用房与 DSA 设备安装等内容，主要的污染因子有：扬尘、噪声、废水、建筑垃圾与生活垃圾等固体废物。

施工扬尘主要为项目用房改造、装修时产生的扬尘，装修机械敲打、钻动墙体等产生的粉尘，项目施工期短，采取洒水、区域密闭等措施，可以减少扬尘的扩散。

施工噪声主要来自于项目用房装修及现场处理等，采取合理安排施工时间，选择低噪声设备和工艺等措施减少施工噪声影响。

施工期废水主要为施工人员产生的少量生活污水，无机械废水，生活污水依托医院早阳分院现有的废水处理系统处理。

固体废物：主要为改造后装修过程产生的建筑垃圾，以及施工人员产生的生活垃圾，建筑垃圾运至市政指定的弃渣场，生活垃圾交环卫部门统一收运处置，所有固体废物均能得到妥善处置。

本项目工程量较小，且均在医院早阳分院大楼建筑物内施工，对外环境及保护目标的影响较小；项目施工期短，对外界的影响是暂时的，施工期产生的影响随着施工的结束而消失。

项目施工期产生的扬尘、噪声、废水对周围环境影响较小，固废能妥善处理，对环境的影响小；施工单位做好施工组织工作，文明施工，切实落实相应环保措施后，项目施工对环境产生的影响可接受。

**11.2 营运期辐射环境影响分析**

**11.2.1 DSA 机房屏蔽能力核算**

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）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 DSA 屏蔽防护时主要考虑非有用线束的影响，而 90°非有用线束的影响最大，因此本评价以 90°非有用线束屏蔽厚度要求作为核算依据。本项目 DSA 最大管电压为 125kV，查《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）表 C.2 拟合参数进行核算。

拟合参数见表 11-1。

表 11-1 125kV 拟合参数核算参数

| 屏蔽材料 | 125kV (90°非有用线束) |         |          | 屏蔽材料的密度<br>g/cm <sup>3</sup> |
|------|------------------|---------|----------|------------------------------|
|      | $\alpha$         | $\beta$ | $\gamma$ |                              |
| 铅    | 2.233            | 7.888   | 0.7295   | 11.3                         |

因《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)表 C.3 中未给出上述 125kV90°非有用线束的砖、硫酸钡的拟合参数,因此,硫酸钡水泥(密度 3.2g/cm<sup>3</sup>)的转换参考《辐射防护手册》(第三分册辐射安全)表 3.3,按最不利情况 150kV 的数据换算铅当量,33mm 硫酸钡水泥对应铅当量为 2mmPb;砖的转换采用密度公式换算为混凝土厚度,再核算出铅当量。

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:

$$d_1 / d_2 = \rho_2 / \rho_1 \quad (11-1)$$

式中:  $d_1$ 、 $d_2$ —屏蔽材料 1 和屏蔽材料 2 的厚度,

$\rho_1$ 、 $\rho_2$ —屏蔽材料 1 和屏蔽材料 2 的密度。

因此,本次按照 GBZ130-2020 标准表 C.5 中 125kV90°非有用线束下 2.0mmPb 对应混凝土厚度为 147mm,根据密度换算(公式 11-1)为对应实心页岩砖(密度 1.65g/cm<sup>3</sup>)的厚度为 210mm;本项目 DSA 机房墙体设计为 370mm 实心页岩砖+33mm 硫酸钡水泥,则在相同条件下相当于(370mm/210mm)\*2mmPb=3.52mmPb;本项目 DSA 机房顶棚设计为 150mm 混凝土,则在相同条件下相当于(250mm/147mm)\*2mmPb=3.40mmPb;地板设计为 150mm 混凝土+33mm 硫酸钡水泥,则在相同条件下相当于(150mm/147mm)\*2mmPb+2mmPb=4.04mmPb。根据建设单位提供的屏蔽防护方案,DSA 机房屏蔽体的铅当量核算结果见表 11-2。

表 11-2 DSA 机房屏蔽厚度与 GBZ130-2020 要求对比表

| 机房名称              | 屏蔽防护体       | 屏蔽防护设计方案            | 折算铅当量    | 标准要求    | 评价结果 |
|-------------------|-------------|---------------------|----------|---------|------|
| DSA 机房<br>(125kV) | 东墙、南墙、北墙、西墙 | 37cm 实心砖墙           | 3.52mmPb | 2.0mmPb | 满足要求 |
|                   | 顶棚          | 25cm 混凝土            | 3.40mmPb | 2.0mmPb | 满足要求 |
|                   | 地板          | 15cm 混凝土+33mm 硫酸钡水泥 | 4.04mmPb | 2.0mmPb | 满足要求 |
|                   | 3 个防护铅门     | 4mmPb               | 4mmPb    | 2.0mmPb | 满足要求 |
|                   | 1 个铅玻璃窗     | 4mmPb               | 4mmPb    | 2.0mmPb | 满足要求 |

备注：混凝土（砵）密度 2.35g/cm<sup>3</sup>，铅密度 11.3g/cm<sup>3</sup>，砖密度 1.65g/cm<sup>3</sup>，硫酸钡水泥密度 3.2g/cm<sup>3</sup>。

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

### 11.2.2 DSA 机房屏蔽体外剂量率核算

#### （1）核算公式

①对给定的铅厚度，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 11-2）计算得到屏蔽透射因子 B：

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

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根据式 11-2 计算得到屏蔽透射因子 B 后，关注点的散射辐射剂量率  $\dot{H}$  (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，推导得出本项目关注点的散射辐射剂量率计算公式如下：

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

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

H<sub>0</sub>——距辐射源点（靶点）1m 处输出量，μSv·m<sup>2</sup>/（mA·h），以 mSv·m<sup>2</sup>/（mA·min）为单位的值乘以 6×10<sup>4</sup>。

B——屏蔽透射因子，根据公式 11-2 计算得出；

F——R<sub>0</sub> 处的辐射野面积，单位为平方米（m<sup>2</sup>），射线装置运行时的最大照射野面积为 400cm<sup>2</sup>（20cm×20cm）；

α——散射因子，入射辐射被单位面积（1cm<sup>2</sup>）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；根据 NCRP147 号报告第 137 页附图 C.1，125kV 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  $7.50 \times 10^{-6}$ ；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  $6.83 \times 10^{-6}$ 。

$R_S$ ——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

① DSA 存在透视及采集两种工况，本次评价按照透视常用工况及采集常用工况分别计算 DSA 机房墙体外周围剂量当量率。DSA 常用透视工况为 60~90kV/5~20mA，常用采集工况为 60~90kV/300~500mA。本报告保守估算，透视工况按照常用最大 90kV、20mA 进行计算；采集工况按照常用最大 90kV、500mA 进行计算。DSA 在 90kV、3mmAl 过滤板情况下主射线方向 1m 处发射率为  $5.3 \text{mGy} \cdot \text{m}^2 / \text{mA} \cdot \text{min}$ 。Sv/Gy 转换系数取值为 1。

② 本报告选用《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中管电压 90kV 的各屏蔽体的拟合参数进行估算。

③ 设备安装位置为 DSA 机房有效面积中心，设备为 C 形臂，按散射体位于机房内空尺寸中心、离地高度为 1m 考虑；所在楼层层高为 4.8m，8 楼层高为 4.5m；各穿墙处防护补偿后优于原有防护方案，计算时仍以原有方案保守计算。

综上，核算参数结果见表 11-4；项目机房具体核算点位距中心处距离如附图 5 所示，楼上及楼下距离不计混凝土厚度，核算距离结果见表 11-5 最近距离。

表 11-4 核算参数

| 设备名称      | 管电压 (kV) | 对应管电流 I (mA)        | 输出量 $H_0$<br>$\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ | 散射面积<br>F ( $\text{cm}^2$ ) | 散射因子<br>$\alpha$      | 散射距离<br>$R_S$<br>(m) | 关注点距离<br>$R_0$ |
|-----------|----------|---------------------|---|-----------------------------|-----------------------|----------------------|----------------|
| DSA       | 90       | 20 (透视)<br>500 (采集) | $3.18 \times 10^5$  | 400                         | $6.83 \times 10^{-6}$ | 0.38                 | 见附图 6          |
| 90kV 拟合参数 |          |                     | 铅 $\alpha$ : 3.067  | $\beta$ : 18.83             | $\gamma$ : 0.7726     |                      |                |

## （3）机房外周围剂量当量率核算结果

根据核算公式和表 11-3 和表 11-4 相关参数，透视、采集状态下 DSA 机房外周围剂量当量率核算结果见表 11-5 所示。



表 11-5 DSA 机房屏蔽核算结果

| 墙体名称        |    | 最近距离<br>R(m) | 设计厚度                 | 周围剂量当量率<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) |      | 是否满足要求 |
|-------------|----|--------------|----------------------|---------------------------------|------|--------|
|             |    |              |                      | 透视                              | 采集   |        |
| 东 (过道)      | 墙体 | 5.5          | 37cm 实心砖墙            | $6.40 \times 10^{-3}$           | 0.16 | 是      |
|             | 铅门 | 5.8          | 4mmPb 铅门             | $1.32 \times 10^{-3}$           | 0.03 | 是      |
| 南 (洗手池和控制室) | 墙体 | 4.7          | 37cm 实心砖墙            | $8.77 \times 10^{-3}$           | 0.22 | 是      |
|             | 铅窗 | 4.6          | 4mmPb 铅窗             | $2.10 \times 10^{-3}$           | 0.05 | 是      |
|             | 铅门 | 5.3          | 4mmPb 铅门             | $1.58 \times 10^{-3}$           | 0.04 | 是      |
| 西 (悬空)      | 墙体 | 5.1          | 37cm 实心砖墙            | $7.44 \times 10^{-3}$           | 0.19 | 是      |
| 北 (过道)      | 墙体 | 4.6          | 37cm 实心砖墙            | $9.15 \times 10^{-3}$           | 0.23 | 是      |
|             | 铅门 | 5.4          | 4mmPb 铅门             | $1.52 \times 10^{-3}$           | 0.04 | 是      |
| 顶棚 (楼上楼顶)   | 楼上 | 4.8          | 25cm 混凝土             | $1.21 \times 10^{-3}$           | 0.30 | 是      |
| 楼下 (ICU 病房) | 楼下 | 3.8          | 15cm 混凝土+ 33mm 硫酸钡水泥 | $2.72 \times 10^{-3}$           | 0.07 | 是      |

根据计算可知，在日常透视和采集条件下 DSA 机房屏蔽体外的周围剂量当量率均小于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)的要求。根据计算 DSA 机房楼顶周围剂量当量率小，不考虑天空散射。

### 11.3 剂量估算

#### 11.3.1 剂量估算公式

(1) X- $\gamma$ 射线产生的外照射人均年有效剂量当量按下列公式计算：

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

式中： $H_{Er}$ ：X 或 $\gamma$ 射线外照射人均年有效剂量，mSv；

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

$t$ ：X 或 $\gamma$ 射线照射时间，h。

(2) 根据《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019) 6.2.4 条，手术室内医护人员按要求佩戴铅围裙内、外两个剂量计时，宜采用下列公式估算有效剂量：

$$E = \alpha H_u + \beta H_o \dots\dots\dots (\text{公式 11-6})$$

式中：E ——有效剂量中的外照射分量，单位为毫希沃特 (mSv)；

$\alpha$  ——系数，有甲状腺屏蔽时，取 0.79，无屏蔽时，取 0.84；

$H_u$  ——铅围裙内佩戴的个人剂量计测得的  $H_p(10)$ ，单位为毫希沃特

(mSv) ;

$\beta$ ——系数，有甲状腺屏蔽时，取 0.051，无屏蔽时，取 0.100；

$H_0$ ——铅围裙外锁骨对应的衣领位置佩戴的个人剂量计测得的  $H_p(10)$ ，单位为毫希沃特 (mSv)。

### 11.3.2 放射工作人员剂量估算

根据建设单位提供的资料，本项目 DSA 年透视时间共约 210h，采集时间约 18h，DSA 总年有效开机时间约 228h。

#### (1) 放射工作人员剂量估算

##### ①控制室放射工作人员有效剂量估算

透视情况及采集情况下控制室放射工作人员有效剂量估算见表 11-5。

表 11-5 项目机房控制室放射工作人员有效剂量估算一览表

| 机房名称   | 控制室最大周围剂量当量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ ) |      | 年出束时间 (h) |    | 年有效剂量 (mSv/a) |         | 总年有效剂量 (mSv/a) |
|--------|-----------------------------------|------|-----------|----|---------------|---------|----------------|
|        | 透视                                | 采集   | 透视        | 采集 | 透视            | 采集      |                |
| DSA 机房 | $8.77 \times 10^{-3}$             | 0.22 | 210       | 18 | 0.00184       | 0.00396 | 0.0058         |

根据上表可知，本项目介入手术室的控制室的总年有效剂量最大值 0.0058mSv/a，则放射工作人员受到的年有效剂量低于本项目放射工作人员年有效剂量管理目标限值 5mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的要求。

##### ②手术室医护人员

本项目 DSA 有透视和摄影(采集)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  $400\mu\text{Sv/h}$ 。手术医护人员均穿戴个人防护用品(考虑  $0.5\text{mmPb}$ )，以本报告公式 11-4 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，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机房内移动铅屏风后，医护人员均穿戴个人防护用品，铅围裙考虑为  $0.5\text{mmPb}$ ，移动铅屏风  $2\text{mmPb}$ ，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。核算结果如表 11-6 所示：

表 11-6 手术医护人员年受照剂量估算一览表

| 工作模式 | 无个人防护时最大周围剂量当量率( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 个人防护屏蔽透射因子(90kV)          | 医护人员铅衣内(外)周围剂量当量率( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 年出束时间(h) | 剂量计示数(mSv)   | 有效剂量(mSv/a) | 总年有效剂量(mSv/a) |
|------|-------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|----------|--------------|-------------|---------------|
| 透视   | 400                                 | (内) $2.52 \times 10^{-2}$ | (内) 10.08                             | 210      | $H_u$ : 2.17 | 6.00        | 6.52          |
|      |                                     | (外) 1                     | (外) 400                               |          | $H_o$ : 84   |             |               |
| 采集   | $7.52 \times 10^5$                  | (内) $3.68 \times 10^{-5}$ | (内) 27.67                             | 18       | $H_u$ : 0.50 | 0.52        |               |
|      |                                     | (外) $1.72 \times 10^{-4}$ | (外) 129.34                            |          | $H_o$ : 2.33 |             |               |

备注：采集时医生可能在DSA机房内或者在控制室内，故按照最不利情况全部在DSA机房内进行核算。

则根据公式11-6，医护人员按规定均有甲状腺屏蔽， $\alpha$ 取0.79， $\beta$ 取0.051

可得 $E_{\text{总}} = 2.17 \times 0.79 + 84 \times 0.051 + 0.50 \times 0.79 + 2.33 \times 0.051 \text{mSv/a} \approx 6.52 \text{mSv/a}$ 。

根据上表可知，正常工作模式下，假设拟建项目介入手术由一组手术医护人员完成，则手术医护人员受到的年有效剂量约 $6.86 \text{mSv/a}$ 。因此，拟建项目至少需要配备2组介入手术医护人员，根据医院手术量的分配情况，透视神经介入手术量占总量的 $140\text{h}/210\text{h} \approx 0.67$ ，采集神经介入手术量占总量的 $11.33\text{h}/18\text{h} \approx 0.63$ ，神经介入手术医护人员的年有效剂量最大为 $6.00 \times 0.67 + 0.52 \times 0.63 = 4.35 \text{mSv/a}$ ，小于拟建项目放射工作人员年有效剂量管理目标限值 $5 \text{mSv/a}$ ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的要求。医院拟配置2组(每组两名医生，1名护士)手术医护人员，能满足本项目DSA常用条件下开展介入手术的基本需求。

上述估算中透视是按照透视防护区测试平面上的周围剂量当量率不大于 $400 \mu\text{Sv/h}$ 、 $0.5 \text{mmPb}$ 铅防护用品计算的，采集是按照移动铅屏风 $2 \text{mmPb}$ 、距离 $2 \text{m}$ ，以及 $0.5 \text{mmPb}$ 铅围裙防护计算的。实际手术过程中，手术医生受到的照射剂量与铅悬挂防护屏设置位置、铅防护用品质量、手术医生的手术熟练度、习惯、移动铅屏风的厚度及位置等相关。因此，介入手术医生实际受到的年有效剂量以个人剂量计监测结果为准，医院应根据最大手术工作时间对手术医生进行工作调配，以确保辐射安全。

另外，医院还应采取以下措施确保辐射安全工作：

A、要求从事介入手术人员在实际工作中，应正确佩戴个人剂量计，介入手术医护人员应在防护铅衣内外各佩戴1枚个人剂量计；曝光时医护人员位于移动铅屏风后。

B、医院应定期对个人剂量计进行监测，根据监测报告结果，合理分配工作量，

正确有效使用防护用品，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。若季度受照剂量超过1.25mSv，应开展进一步调查，查明原因，提出解决方案。

C、建议医院后续根据实际情况需要，可为介入医生配备局部剂量计（如指环剂量计、眼部剂量计等）。

### (2) 公众成员剂量估算

DSA 机房外公众成员受到的年有效剂量见表 11-7。

表 11-7 环境保护目标周围剂量当量率预测结果

| 序号 | 名称                       | 方位       | 核算距离<br>(m) | 预测结果 (μSv/h)          |                       | 出束时间<br>(h) |    | 居留<br>因子 | 年有效剂量<br>(mSv/a)      |
|----|--------------------------|----------|-------------|-----------------------|-----------------------|-------------|----|----------|-----------------------|
|    |                          |          |             | 透视                    | 采集                    | 透视          | 采集 |          |                       |
| 1  | 过道                       | 东/<br>东北 | 5.5         | $6.40 \times 10^{-3}$ | 0.16                  | 210         | 18 | 1/5      | $8.45 \times 10^{-4}$ |
|    | 麻醉医生办公室、无菌<br>库房         |          | 8.5         | $2.68 \times 10^{-3}$ | 0.07                  | 210         | 18 | 1        | $1.82 \times 10^{-3}$ |
|    | 消防电梯间、手术室、<br>污物打包间等     |          | 9.5         | $2.15 \times 10^{-3}$ | 0.05                  | 210         | 18 | 1        | $1.35 \times 10^{-3}$ |
| 2  | 术前麻醉间、复苏间、<br>换车间、医生办公室等 | 东南       | 8           | $3.03 \times 10^{-3}$ | 0.08                  | 210         | 18 | 1        | $2.08 \times 10^{-3}$ |
| 3  | 刷手池、控制室                  | 南        | 4.7         | $8.77 \times 10^{-3}$ | 0.22                  | 210         | 18 | 1        | $5.80 \times 10^{-3}$ |
|    | 设备间、材料库房                 |          | 7.7         | $3.27 \times 10^{-3}$ | 0.08                  | 210         | 18 | 1/20     | $1.06 \times 10^{-4}$ |
|    | 电梯厅、家属等候区、<br>预留手术室区域    |          | 12          | $1.34 \times 10^{-3}$ | 0.03                  | 210         | 18 | 1        | $8.21 \times 10^{-4}$ |
| 4  | 过道                       | 北        | 4.6         | $9.15 \times 10^{-3}$ | 0.23                  | 210         | 18 | 1/5      | $1.21 \times 10^{-3}$ |
|    | 手术室区域                    |          | 7.6         | $3.35 \times 10^{-3}$ | 0.08                  | 210         | 18 | 1        | $2.14 \times 10^{-3}$ |
|    | 避难间                      |          | 45          | $9.56 \times 10^{-5}$ | $2.39 \times 10^{-3}$ | 210         | 18 | 1/5      | $1.26 \times 10^{-5}$ |
|    | 污物暂存间                    |          | 48          | $8.40 \times 10^{-5}$ | $2.10 \times 10^{-3}$ | 210         | 18 | 1        | $5.54 \times 10^{-5}$ |
| 5  | 设备设施区域                   | 楼上       | 4.8         | $1.21 \times 10^{-2}$ | 0.30                  | 210         | 18 | 1/20     | $3.97 \times 10^{-4}$ |
| 6  | 8楼 ICU 病房区域              | 楼下       | 3.8         | $2.72 \times 10^{-3}$ | 0.07                  | 210         | 18 | 1        | $1.83 \times 10^{-3}$ |
|    | 7F~3F                    |          | 7.7         | $6.63 \times 10^{-4}$ | 0.02                  | 210         | 18 | 1        | $4.99 \times 10^{-4}$ |

备注：居留因子参照 NCRP147 号报告 P31 表 4.1 取值：办公室、空房等工作区域、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。相邻多个房间，居留因子取最大值。

根据上表核算，DSA 机房外公众成员受到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。

## 续表 11 环境影响分析

### (3) 剂量估算结论

综上所述，根据建设单位提供的计划手术量，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所受到的年有效剂量低于放射工作人员剂量管理目标值 5mSv/a，公众成员受到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。

### 11.4 环境保护目标辐射环境影响分析

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，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 可知，DSA 机房外 50m 范围内环境保护目标位置周围剂量当量率远低于 2.5 $\mu$ Sv/h，DSA 机房外公众成员受到的年有效剂量远低于 0.1mSv/a。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。

### 11.5 “三废”环境影响分析

#### 11.5.1 废气

X 射线与空气作用，可以使气体分子或原子电离、激发，产生臭氧和氮氧化物。臭氧和氮氧化物是一种对人体健康有害的气体，消除有害气体对手术室的影响，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，介入手术室设置有机排风，机房少量废气引至所在大楼西墙外排至外环境，少量废气经空气扩散，将很快恢复到原来的空气浓度水平，不会对公众造成危害，不会对环境带来不利影响。

#### 11.5.2 废水

本项目医生、操作人员洗手废水，医疗废水及项目用房保洁废水等进入医院早阳分院污水处理站进行处理。

医院早阳分院西侧污水处理站处理能力为 600m<sup>3</sup>/d，本项目放射工作人员在医院额定定员内，污水处理站设计时已经考虑这部分废水，因此能接纳本项目产生废水，项目废水处理依托医院早阳分院污水处理站可行。

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。

## 续表 11 环境影响分析

### 11.5.3 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收运系统交环卫部门处理。

项目介入手术产生的医疗废物分类收集，在 DSA 机房打包整理后运至污物暂存间（面积约 9.7m<sup>2</sup>），污物暂存间非专人无法进出。污物暂存间按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597—2023），采取防风、防晒、防雨、防漏、防渗、防腐等措施，能够暂存介入手术室产生的医疗废物。打包好的医疗废物由专人经污物暂存间运至早阳分院综合楼负 3 楼的医疗废物暂存间，并由资质单位转运、处置。医院医疗废物暂存间建筑面积 46.77m<sup>2</sup>，暂存早阳分院产生的医疗废物。医院早阳分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，有专人管理，防止非工作人员接触医疗废物；面积足够暂存医院早阳分院 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。

医院已与有资质的单位签订医疗废物处置协议，并由该公司每天收集、处置医疗废物，医院早阳分院正式运营时将本项目及时纳入协议范围。因此，本项目产生医疗废物及时运送至医疗废物暂存间，此种处理措施依托可行。

铅防护用品在使用一定年限后屏蔽能力减弱，不再使用的铅防护用品按有关规定由医院收集后妥善保存，交有资质单位处理并做好记录。

DSA 设备报废后，通过拆解高压球管和去功能化后交由物资回收部门处理，高压球管内的阴极射线管属于危险废物，交由有资质的单位回收。

项目产生的固体废物均能得到合理的处理，不会对环境产生影响。

### 11.6 实践正当性分析

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

DSA 在医疗诊断和手术辅助等方面有其他技术无法替代的特点，对保障健康、拯救生命起了十分重要的作用。DSA 在医疗诊断和手术辅助等方面有其他技术无法替代的特点，可实现对血管病灶的精准定位，对拯救生命起了十分重要的作用。项目拟采取的辐

## 续表 11 环境影响分析

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。

项目营运后将为病人提供更多医疗服务和便捷的就医条件，具有明显的社会效益。随着医院医疗技术与服务水平的提高，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。

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。

### 11.7 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。

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

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

续表 11 环境影响分析

(2) 后果分析

① DSA 机房外人员误照射

根据核算,在极端情况下,项目 DSA 透视工况运行管电压为最大管电压,即 125kV,电流自动跟随电压,电流不大于 110mA;在极端情况下,项目 DSA 采集工况运行管电压也为最大管电压,即 125kV,电流自动跟随电压,电流不大于 500mA。DSA 在最大运行参数条件下运行,单台手术时间内 DSA 机房外最大剂量估算情况见表 11-8。

表 11-8 DSA 机房外误照射人员所受辐射剂量估算表

| 位置           | 事故情景                | 机房外周围剂量当量率           | 单台手术最大曝光时间 (min) | 有效剂量 (mSv)            | 总有效剂量 (mSv) | 吸收剂量 (mGy) |
|--------------|---------------------|----------------------|------------------|-----------------------|-------------|------------|
| DSA 机房防护门、窗外 | 最大运行参数条件下运行,人员位于机房外 | 3.1 $\mu$ Sv/h (透视)  | 21               | $1.01 \times 10^{-3}$ | 0.00148     | 0.00148    |
|              |                     | 14.1 $\mu$ Sv/h (采集) | 2                | $0.47 \times 10^{-3}$ |             |            |

备注:仅考虑散射线。

根据核算可知,在理论可预知风险条件下,项目 DSA 机房外人员误照射受到的单台手术有效剂量最大约 0.00148mSv。

② DSA 机房内公众误照射

因各种原因导致 X 射线装置在运行过程中非手术人员滞留机房内发生误照射辐射事故,按照 DSA 正常运行的较大参数 (90kV, 500mA),考虑人员受到照射的位置距离 X 射线装置靶点约 1m,未穿戴防护用品,采集时按单台手术最大采集时间 2min,透视时按单台手术最大透视时间 21min 的照射,其剂量估算情况见表 11-9。

表 11-9 DSA 机房内误照射公众所受辐射剂量估算表

| 设备  | 事故情景  | 受照时间  | 受照人员所在位置周围剂量当量率 ( $\mu$ Sv/h) | 有效剂量 (mSv) | 总有效剂量 (mSv) | 吸收剂量 (mGy) |
|-----|---|-------|-------------------------------|------------|-------------|------------|
| DSA | 采集模式: 1m 处发射率 5.3mGy·m <sup>2</sup> /mA min | 2min  | $3.01 \times 10^6$            | 100        | 142         | 142        |
|     | 透视模式: 1m 处发射率 5.3mGy·m <sup>2</sup> /mA min | 21min | $1.20 \times 10^5$            | 42         |             |            |

备注:仅考虑散射线。

根据以上后果分析可知,DSA 机房内公众误照射情况下,可能发生超年有效剂量照射的事故,造成一般辐射事故。

(3) 事故状态可能引起的电离辐射生物效应



续表 11 环境影响分析

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<br>0.25~0.5<br>0.5~1        | /                |     | 不明显和不易察觉的病变<br>可恢复的机能变化，可能有血液学的变化<br>机能变化，血液变化，但不伴有临床症状 |
| 1~2<br>2~3.5<br>3.5~5.5<br>5.5~10 | 骨髓型<br>急性<br>放射病 | 轻度  | 乏力，不适，食欲减退  |
|                                   |                  | 中度  | 头昏，乏力，食欲减退，恶心，呕吐，白细胞短暂上升后下降                             |
|                                   |                  | 重度  | 多次呕吐，可有腹泻，白细胞明显下降                                       |
|                                   |                  | 极重度 | 多次呕吐，腹泻，休克，白细胞急剧下降                                      |
| 10~50                             | 肠型急性放射病          |     | 频繁呕吐，腹泻严重，腹疼，血红蛋白升高                                     |
| >50                               | 脑型急性放射病          |     | 频繁呕吐，腹泻，休克，共济失调，肌张力增高，震颤，抽搐，昏睡，定向和判断力减退                 |

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

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

#### (4) 风险事故防范措施分析

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

①撤离 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，可避免此类事故的发生。在 DSA 机房内设置紧急停机按钮醒目的指示和说明，便于在紧急情况下使用。

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

## 续表 11 环境影响分析

强职业道德修养，增强责任感，严格遵守操作规程和规章制度；管理人员应强化管理，保证按照介入手术室管理要求开展手术。

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

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

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。

### 11.9 环保投资

本项目环保投资估算共约 40 万，占总投资的 4%，具体情况见表 11-11。

表 11-11 项目环保投资一览表

| 内容        | 措施              | 投资（万元） |
|-----------|-----------------|--------|
| 管理制度、应急措施 | 制作图框、上墙，人员培训考核等 | 4      |
| 电离辐射警示标志  | 张贴警示标志，有中文说明    |        |
| 辐射防护与安全措施 | 屏蔽室门灯连锁等        | 2      |
| 防护监测设备    | 个人剂量计           | 2      |
| 防护用品      | 铅衣、铅屏风等         | 8      |
| 墙体屏蔽      | 屏蔽室墙体、防护门窗等     | 14     |
| 环保手续      | 环评、验收、监测、办证等    | 10     |
| 合计        | /               | 40     |

**表 12 辐射安全管理**

**12.1 辐射安全与环境保护管理机构及人员**

**12.1.1 辐射安全与环境保护管理机构**

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

医院目前成立了辐射防护管理领导小组，明确了辐射防护管理领导小组成员组成及职责。根据调查，医院辐射防护管理领导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。

**12.1.2 放射工作人员配置**

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条的规定：从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。

根据《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。

本项目放射工作人员配置劳动定员 8 人，其中介入手术医师 4 人、技师 2 人、护士 2 人，均从医院现有工作人员中调配培养。拟建项目的放射工作人员拟经过培训考核合格后方可开展工作，做到持证上岗，后续按照相关要求定期复训。

**12.2 辐射安全管理**

**12.2.1 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，应当具备下列条件：（六）有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。

建设单位已制定《辐射工作安全防护管理制度》《放射工作人员个人剂量管理制度》《辐射安全应急处理措施》《DSA 操作规程》《III类射线装置操作规程》《辐射监测制

**表 12 辐射安全管理**

度》《设备维修保养制度》《人员培训计划》《放射工作人员健康及个人剂量管理制度》等各项管理规章制度，具体见附件 8。上述各种管理制度和应急预案考虑到了设备的操作使用和安全防护，制度基本健全，建设单位在运营过程中按上述制度执行，具有一定的可操作性。另外，建设单位应根据本项目特点补充制定如“放射工作人员岗位职责”等制度，在今后工作中认真落实相关制度，并不断更新和完善。

### **12.2.2 放射工作人员管理**

拟建项目拟配置放射工作人员 8 人，其中介入手术医师 4 人、技师 2 人、护士 2 人，均在现有劳动定员中调配。拟建项目营运前，放射工作人员应参加培训并考核合格，做到持证上岗。

#### **①辐射安全培训**

《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：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。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《中华人民共和国生态环境部 公告》（2021 年第 9 号），仅从事 III 类射线装置使用活动的辐射工作人员无需参加集中考核，由核技术利用单位自行组织考核。

医院现有放射工作人员均进行了辐射安全与防护培训并取得了培训合格证/合格成绩单，满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，医院今后按相关要求继续执行。

#### **②个人剂量监测**

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

**表 12 辐射安全管理**

医院拟为每名介入手术医师、护士配置 2 枚个人剂量计，每名技师配置 1 枚个人剂量计，并安排专人负责个人剂量监测管理工作，发现个人剂量监测结果异常的，立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。此外，放射工作人员上岗期间，必须正确佩戴个人剂量计，并对个人剂量计严格管理，不允许将个人剂量计滞留在 DSA 机房，不允许将个人剂量计相互转借，不允许将个人剂量计带出医院。

### **③职业健康检查**

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

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，也按照上述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。

### **12.2.3 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。

医院按照上述要求每年均提交了上一年度的年度评估报告，医院今后还将制定并落实年度评估制度，继续于每年 1 月 31 日前均向发证机关提交年度评估报告。年度评估报告应包括医用 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。

### **12.2.4 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感，对于核技术利用项目

**表 12 辐射安全管理**

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。

医院已建立较为完善的安全管理体系，还应进一步明确各层次人员的职责、不断识别单位内部核安全文化的弱化处并加以纠正，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医院应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医院应当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。

#### **12.2.5 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，建立辐射工作人员个人剂量档案。个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满 75 周岁，或者停止辐射工作 30 年。

医院已制定了辐射工作人员个人剂量管理相关制度，本项目运营后，医院将认真落实相关制度和规定，安排放射工作人员进行职业健康体检（两次检查的时间间隔不超过 2 年）、配置个人剂量计、参加辐射安全与防护培训并取得合格证，将健康体检报告、个人剂量监测报告、辐射安全培训合格证等建立档案保存。档案信息和保存等按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》规定执行。

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

## 表 12 辐射安全管理

### 12.4 辐射活动能力评价

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条的相关规定，医院从事的辐射活动能力评价如表 12-1。

表 12-1 从事本项目辐射活动能力评价

| 应具备条件  | 落实情况   |
|--|--|
| 使用 I 类、II 类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。 | 成立了辐射防护领导机构，并指定专人负责射线装置运行时的安全和防护工作。                          |
| 从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核  | 在本项目投运前完善培训计划，对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   | 设备及控制台拟设急停按钮，同时本项目设置门灯联锁装置，工作状态指示灯亮，门口显眼位置设置电离辐射警示标识和警示语。    |
| 有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、射线装置使用登记制度、人员培训计划、监测方案等                     | 已建立了相关规章制度，待在本项目建成后，完善和更新相关制度，并在本项目放射工作场所张贴上墙。               |
| 配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。                                  | 在本项目投运前拟为放射工作人员配备个人剂量计，并拟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   | 已制定辐射安全应急处理措施，应进一步完善预案。                                      |

根据上表可知，本项目尚未建设，但医院已有其他射线装置运行，医院已建立有相应的管理体系。因此，本项目的管理工作依托医院现有的管理体系，已具备了一定的能力，但医院还应针对本项目射线装置的管理，认真落实上述要求，进一步更新、完善本环评提出的防护措施和管理制度后，且放射工作人员在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，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。在后期运行过程中，医院还应强化医院辐射安全管理制度，严格要求放射工作人员遵守医院辐射安全管理制度。

### 12.5 辐射监测

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》

**表 12 辐射安全管理**

（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。

巫山县人民医院已制定有健康体检制度和个人剂量监测制度，还应制定工作场所监测制度，每年委托有资质单位对现有射线装置等屏蔽体外辐射环境及放射工作人员个人剂量进行监测，本项目建成后，定期对 DSA 机房周围人员和环境进行监测，做好监测记录，存档备查。

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

### **12.6 事故应急方案与措施**

医院目前已经制定了辐射安全应急处理措施，医院应根据辐射源项不断完善应急处理措施，完善医院辐射事故应急处理流程，更新射线装置失控等辐射事故应急处置流程、应急报告电话、辐射事故的调查等内容，定期进行辐射事故应急演练，并做好演练记录。主要内容如下：

#### **（1）事故报告程序和电话**

一旦发生辐射事故，放射工作人员立即停机，并立即向上级部门报告，并根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》在事故发生后 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向重庆市生态环境局、巫山县生态环境局等部门报告。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：

医院应急办电话：023-57682634

巫山县生态环境局：023-57659005

巫山县卫健委电话：023-57682872



**表 12 辐射安全管理**

重庆市生态环境局电话：023-89181997

政务服务便民热线：12345

(2) 辐射事故应急处置措施

①立即报告给设备科负责人，并终止原放射诊疗操作，疏散事故所在地人群；

②向领导小组组长汇报，并启动应急预案；

③撤离相关人员，控制事故源，避免事态扩大；

④对事故受照射人员检查、治疗和医学观察；

⑤抢修事故设备、设施，保护事故现场；

⑥应急借宿后查找事故发生的原因，从中吸取经验和教训，采取措施防止类似事故再次发生。

根据医院现有辐射安全应急处理措施，辐射事故处理措施具有可行性，基本满足医院目前需求，但应根据本项目情况继续完善，增强其可操作性和实施性。另外，医院没有发生过辐射事故，因此没有启动过辐射事故应急预案，也未开展应急演练。医院应继续完善现有应急预案，定期进行辐射事故应急演练，并做好演习记录和资料归档，并根据应急演练情况，进一步完善辐射事故应急预案，在本项目建成后，将本项目纳入现有辐射事故卫生应急预案中。

**12.7 竣工验收**

根据《建设项目环境保护管理条例》，建设项目需要配套建设的环境保护设施需与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。项目正式投产运行前，医院应进行自主竣工环保验收。

本项目环境保护验收一览表见表 12-2。

**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 $\leq 5\text{mSv}$<br>机房外公众成员年有效剂量 $\leq 0.1\text{mSv}$ | GB18871-2002、医院管理要求                |
| 3  | 人员要求 | 按照要求组织放射工作人员均经考核合格后上岗，按要求定期复训                                       | 环境保护部令第 3 号、第 18 号、公告 2019 年第 57 号 |

表 12 辐射安全管理

|   |          |   |             |
|---|----------|---|-------------|
| 4 | 剂量率控制    | DSA 机房四周墙体外 30cm 处、楼上距顶棚地面 100cm 处、防护门外 30cm 处、观察窗外 30cm 处、楼下距楼面 170cm 处、其它穿墙管线、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 2.5 $\mu$ Sv/h。  | GBZ130-2020 |
| 5 | 建设内容     | 1 台 DSA（单管头，II 类射线装置）   | /           |
| 6 | 防护用品     | 每名介入手术医护人员在铅防护衣内外各佩戴 1 枚个人剂量计，技师佩戴 1 枚个人剂量计。<br>铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜各 2 套；介入防护手套若干；铅悬挂防护屏、铅防护吊帘、床侧防护帘、床侧防护屏各 1 套；铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套 2 套（成人和儿童各一套）。防护用品的铅当量满足标准要求。  |             |
| 7 | 辐射安全防护措施 | ①DSA 机房各防护门均拟设置门灯连锁系统，防护门外上方拟设置醒目的工作状态指示灯，灯箱上设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句，在防护门关闭时，指示灯亮，警示无关人员远离该区域。<br>②DSA 机房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，同时在机房东侧墙上设置放射防护注意事项告知栏。<br>③相关制度醒目位置上墙（操作规程、岗位职责、应急程序等）。<br>④机房采用机械通风，保持良好通风，机房内不得堆放无关杂物。<br>⑤平开机房门有自动闭门装置；电动推拉门宜设置自动闭门及防夹装置。<br>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。<br>⑦机房四周墙体、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。 |             |
| 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、监测方案等。  |             |

表 13 结论及建议

### 13.1 项目概况

巫山县人民医院拟在巫山县人民医院早阳分院（巫山县龙门街道桂花村四社楚阳大道和早阳大道交汇处）门诊医技住院综合楼 9 楼新建 1 间 DSA 机房及其配套用房，配置 1 台 DSA（II类射线装置），并开展介入手术，DSA 机房有效使用面积约 50.5m<sup>2</sup>。

项目总投资约 1000 万元，其中环保投资约 40 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 辐射环境质量现状

为了解本项目建设地的辐射环境质量现状，重庆渝辐科技有限公司对项目所在地辐射水平现状进行了监测，监测结果表明所在地环境  $\gamma$  辐射剂量率为 85~97nGy/h（未扣除宇宙射线响应值），处于重庆市 2022 年环境  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率平均值（94.5nGy/h）水平正常波动范围。

### 13.5 选址可行性及布局合理性

本项目选址于早阳分院门诊医技住院综合楼 9 楼，项目所在楼周围 50m 范围内暂无其余建筑；项目用房建成后，介入手术室所在 9 楼为手术部，工作场所相对独立，不影响早阳分院其他诊疗活动和整体布局；本项目用房西侧悬空，同时建筑内相邻区域均为手术室区域，周围活动的公众成员人员较少，有利于减少 X 射线对公众成员的影响。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。

本项目用房有独立的 DSA 机房，配有单独的控制室，其它辅助配套用房齐全，满足诊疗需求。DSA 机房南侧为本项目用房，东、北两面均为手术部区域过道，西侧悬空，除手术工作人员和病人可以进出外，其他公众成员未经允许不得入内，减少对周围公众的影响和有利于辐射防护。DSA 机房设置 3 个防护门，医护人员、病人进出、

## 续表 13 结论及建议

污物运出的各路径独立。DSA 机房南墙上拟设置 1 个观察窗，用于控制室放射工作人员随时观察手术室内的情况。项目布局便于介入手术室的辐射安全管理，符合有关法规标准与辐射防护安全要求。从辐射防护与环境保护角度，平面布局合理。

### 13.6 辐射安全与防护分析结论

#### (1) 辐射工作场所分区

医院根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求，将辐射工作场所划分为控制区和监督区，将 DSA 机房划分为控制区，控制室、刷手池、东侧和北侧部分过道、楼上楼顶、楼下 ICU 病房等划分为监督区，便于医院进行日常重点管理。

#### (2) 机房屏蔽防护

本项目 DSA 机房有效使用面积为 50.5m<sup>2</sup>，最小单边长度为 6.6m，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中单管头 X 射线设备（含 C 形臂，乳腺 CBCT）机房有效使用面积和最小单边长度的要求。项目机房四周墙体、铅门铅窗、顶棚及地板屏蔽防护设计大于 2mmPb，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的屏蔽防护厚度要求。

#### (3) 安全联锁装置及其他措施

项目配置具有多种固有安全防护措施并符合相关标准要求的 DSA，DSA 设备上及控制台上均拟设置急停开关，配置 1 套铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏、移动铅屏风等辅助防护设施；并拟按有关标准要求配备介入手术人员及患者防护用品。项目 DSA 机房设置 3 个通道防护门（医护人员、患者进出防护门及污物运出防护门）；均拟设置门灯联锁系统，拟在防护门外上方设置醒目的工作状态指示灯，3 个防护门均设置电离辐射警告标志。病人进出机房门为电动推拉门，拟设置自动闭门及防夹装置。其余机房为平开门，拟设置自动闭门装置。项目介入手术室拟采取空调系统调节温湿度，机械排放装置进行通风换气，废气引至西墙外排放至外环境；介入手术室医护人员拟在铅衣内外各佩戴 1 枚个人剂量计，技师佩戴 1 枚个人剂量计，合理分配工作量。

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

## 续表 13 结论及建议

### 13.7 环境影响分析结论

(1) 机房屏蔽能力：根据核算，在常用透视和采集条件下时，DSA 机房现有屏蔽厚度均能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。

(2) 剂量估算：根据建设单位提供的计划手术量，通过核算，在项目现有介入手术医生工作量情况下，项目介入手术相关医务人员所受到的年有效剂量均低于放射工作人员剂量管理目标(5mSv/a)，项目所致公众成员的年有效剂量亦低于剂量管理目标(0.1mSv/a)，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及相关标准的要求。

(3) 环境保护目标影响：通过核算可知 DSA 机房外 50m 范围内环境保护目标位置周围剂量当量率远低于 2.5 $\mu$ Sv/h，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求；DSA 机房外公众成员受到的年有效剂量低于 0.1mSv/a。因此，项目所致周围 50m 范围内环境保护目标的影响甚微，本项目对周围各环境保护目标不会带来较大的不利影响，对环境的影响可以接受。

(4) “三废”影响：项目 DSA 运行时产生臭氧和氮氧化物量极少，介入手术室拟安装专门的排风系统，所产生废气经废气管道收集引至机房西墙外排放，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早阳分院已建污水处理站处理，医疗废物依托医院早阳分院医疗废物暂存间暂存后与医院其他危废一起交有资质单位处理；设备主机使用一定年限后无法正常使用的情况下应先对设备球管去功能化处理后，废阴极射线管再按危险废物交有资质单位处理；生活垃圾交环卫部门处理；废铅防护用品由医院收集后妥善保存，做好记录，交有资质单位处理。项目各污染物均能得到有效处理，不会对环境产生不利影响。

(5) 事故风险：根据事故风险分析可知，事故工况下人员可能受到超过年剂量限值的照射，即造成一般辐射事故。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、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。

## 续表 13 结论及建议

### 13.8 辐射与环境保护管理

巫山县人民医院成立了辐射防护管理领导小组，负责医院的辐射防护与安全管理工作，并明确了相应职责与分工；医院制定了辐射环境管理规章制度及辐射安全应急处理措施，有满足从事辐射活动的的能力。在项目建设中，拟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；进一步更新、完善环境影响评价提出的防护措施和管理制度后，能满足辐射环境管理要求；在严格执行规定的辐射安全和环境管理制度前提下，项目的运行安全是有保障的。

综上所述，巫山县人民医院早阳分院建设项目（DSA 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。在认真落实制定的辐射安全防护措施和管理措施后，项目环境风险可防可控，能实现辐射防护安全目标及污染物的达标排放。因此，从环境保护的角度来看，该项目的建设是可行的。