

核技术利用建设项目  
重庆市璧山区妇幼保健院妇女儿童健康  
服务能力提升工程（DSA 部分）  
环境影响报告表



建设单位:重庆市璧山区妇幼保健院

编制单位:重庆宏伟环保工程有限公司

编制时间:2021 年 02 月



生态环境部制

## 编制单位和编制人员情况表

|                  |   |           |   |
|------------------|---|-----------|---|
| 项目编号             | uls763  |           |   |
| 建设项目名称           | 重庆市璧山区妇幼保健院妇女儿童健康服务能力提升工程 (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   |           |   |
| <b>一、建设单位情况</b>  |   |           |   |
| 单位名称 (盖章)        | 重庆市璧山区妇幼保健院   |           |   |
| 统一社会信用代码         | 12500227450697423A  |           |   |
| 法定代表人 (签章)       | 董兰                                     |           |   |
| 主要负责人 (签字)       | 董兰                                    |           |   |
| 直接负责的主管人员 (签字)   | 张剑                                   |           |   |
| <b>二、编制单位情况</b>  |   |           |   |
| 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  |           |   |
| <b>三、编制人员情况</b>  |   |           |   |
| <b>1. 编制主持人</b>  |   |           |   |
| 姓名               | 职业资格证书管理号   | 信用编号      | 签字  |
| 陈玲               | 2014035550350000003511550077  | BH 004749 |  |
| <b>2. 主要编制人员</b> |   |           |   |
| 姓名               | 主要编写内容  | 信用编号      | 签字  |
| 赵蕾               | 项目基本情况、放射源、非密封放射性物质、射线装置、废弃物 (重点是放射性废弃物)、废弃物 (重点是放射性废弃物)、评价依据、保护目标与评价标准、环境质量和辐射现状、项目工程分析与源项、辐射安全与防护、环境影响分析、辐射安全管理、结论与建议 | BH 024400 |  |

**表 1 项目基本情况**

|  |   |  |  |                          |           |
|--|---|--|--|--------------------------|-----------|
| 建设项目名称   | 重庆市璧山区妇幼保健院<br>妇女儿童健康服务能力提升工程（DSA 部分）   |  |  |                          |           |
| 建设单位   | 重庆市璧山区妇幼保健院   |  |  |                          |           |
| 法人代表   | 董兰  | 联系人                                    | 潘莲   | 联系电话                     | 13*****33 |
| 注册地址   | 重庆市璧山区璧泉街道双星大道 36 号   |  |  |                          |           |
| 项目建设地点   | 重庆市璧山区璧泉街道双星大道 36 号重庆市璧山区妇幼保健院主大楼 12F   |  |  |                          |           |
| 立项审批部门   | 璧山区发展改革委员会  |  | 批准文号   | 2020-500120-84-01-147368 |           |
| 建设项目总投资（万元）  | 800   | 项目环保投资（万元）                             | 40   | 投资比例（环保投资/总投资）           | 5%        |
| 项目性质   | <input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改扩建 <input type="checkbox"/> 其他 |  |  | 占地面积（m <sup>2</sup> ）    | /         |
| 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   |  |  |                          |           |
| <b>1.1 医院概况</b>  |   |  |  |                          |           |
| <p>重庆市璧山区妇幼保健院（以下简称“医院”）始建于 1952 年，现已发展成为一所集医疗、保健、计生、科研教学为一体的三级妇幼保健院。医院位于重庆市璧山区璧泉街道双星大道 36 号，地处璧山区行政、教育、卫生、金融主干道，占地 33.8 亩，建筑面积 3.8 万平米，业务面积 2.8 万平米；规划床位 300 张，现已开放 180 张。围绕妇幼全生命周期临床保健技术服务，设有孕产、儿童、妇女保健部和计划生育技术服务部 4 大临床业务中心，开设产科、儿科、妇科、乳腺外科等 51 个临床、医技科室及产科延伸服务的月子中心。现有重庆市妇幼保健重点专科创建科室 3 个、精品重点专科创建科室 1 个，区级重点学科 1 个。</p> |   |  |  |                          |           |

## 1.2 任务由来

重庆市璧山区妇幼保健院因医疗业务发展需求，拟在重庆市璧山区妇幼保健院主大楼 12F 实施“重庆市璧山区妇幼保健院妇女儿童健康服务能力提升工程（DSA 部分）”，主要配置 1 台血管造影用 X 射线装置（以下简称 DSA）开展血管造影介入手术工作。

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。

根据《中华人民共和国环境影响评价法》以及《建设项目环境保护管理条例》等相关规定，本项目应进行环境影响评价，医院委托重庆宏伟环保工程有限公司开展该项目的环评工作。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（生态环境部令第 16 号）的“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评文件形式为编制环境影响报告表。评价单位在进行现场踏勘及收集有关资料的基础上，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《重庆市璧山区妇幼保健院妇女儿童健康服务能力提升工程（DSA 部分）环境影响报告表》。

## 1.3 项目概况

（1）项目名称：重庆市璧山区妇幼保健院妇女儿童健康服务能力提升工程（DSA 部分）

（2）建设地点：重庆市璧山区妇幼保健院主大楼 12F

（3）建设性质：新建

（4）建设单位：重庆市璧山区妇幼保健院

（5）项目投资：总投资约 800 万元，环保投资约 40 万元

（6）建设进度：介入手术室已建设完成，设备尚未安装，施工期预计 1 个月

（7）工作负荷：年开展腹主动脉球囊阻断术 250 台

（8）建设内容：医院拟将医院主大楼 12F 原手术室 5 和苏醒室（部分）改造为介入手术室和配套的控制室，并配置 1 台 DSA（II 类射线装置）用于开展腹主动脉球囊阻断术。

根据项目特点，本项目主要由主体工程、辅助工程、公用工程、环保工程 4 部分组成

成，项目组成情况见下表 1-1。

表 1-1 本项目组成及现有工程依托关系

| 项目组成 |       | 具体内容  | 依托关系       |
|------|-------|---|------------|
| 主体工程 | 介入手术室 | 拟建介入手术室布置在医院主大楼 12F，内空尺寸为 6.2m×6.3m×3.6m，吊顶后高 2.6m，有效使用面积 39.2m <sup>2</sup>  | 依托主体结构改造用房 |
|      | 设备    | 拟配置 1 台血管造影用 X 射线装置（DSA，II 类射线装置，单管头），额定电压 125kV，额定电流 120mA   | 新购         |
| 辅助工程 | 辅助用房  | 拆除苏醒室，新建隔墙，部分拟设置为介入手术室的控制室，剩余部分与麻醉室合并，调整为麻醉复苏室，供手术区共同使用   | 依托主体结构改造用房 |
|      |       | 医生办公室、值班室、无菌库房、准备室（包括换鞋区、更衣室、洁具间等）等均依托在医院主大楼 12F 手术层的相关设施   | 依托         |
| 公用工程 | 给水    | 由城市供水管网提供，依托医院主大楼的供水管网  | 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，依托医院主大楼供配电系统  | 依托         |
|      | 通风    | 拟建介入手术室依托医院主大楼 12F 手术层的通风系统，介入手术室通风管道进风口、排风口位于介入手术室吊顶上方，回风口位于介入手术室东墙和西墙距地面 30cm 处   | 依托         |
| 环保工程 | 废气    | 介入手术室依托医院住大楼 12F 手术层的新风系统，设置 1 个进风口、2 个回风口、1 个排风口进行通风换气。废气最终通过排风口收集后引至楼顶排放  | 依托         |
|      | 废水    | 废水经医院废水处理站（处理能力 200m <sup>3</sup> /d）处理后排入市政管网。   | 依托         |
|      | 固废    | 介入手术过程中产生的医疗废物在每场手术结束后，运至同层医疗垃圾暂存间，并每日转移至医院主大楼-2F 医疗废物暂存间（40m <sup>2</sup> ）暂存，最终交有资质单位处理。项目产生的生活垃圾依托医院的生活垃圾收集系统收集，统一交环卫部门处理。 | 依托         |
|      | 辐射防护  | 介入手术室的四周墙体、顶棚、地板、防护门、观察窗均采用足够厚的相应材质（混凝土、页岩砖、铅板、铅玻璃、硫酸钡防护涂料等）进行辐射屏蔽防护。   | 新建         |

1.4 辐射防护方案

拟建介入手术室位于医院主大楼 12F 原手术室 5，其辐射防护设计方案见表 1-2。

表 1-2 辐射防护方案设计

| 名称    | 房间尺寸   | 防护方案   |
|-------|--|--|
| 介入手术室 | 尺寸 6.2×6.3×3.6m<br>有效使用面积 39.2m <sup>2</sup> | 顶棚/地板：100mm混凝土+1.5mmPb硫酸钡防护涂料<br>墙体：240mm页岩砖<br>防护门：内嵌 3mmPb 铅板<br>观察窗：3mmPb 铅玻璃 |

备注：页岩砖的密度约 1.65g/cm<sup>3</sup>，混凝土的密度约 2.35g/cm<sup>3</sup>

**1.5 设备配置**

介入手术室的配套设施设备情况见表 1-3。

**表 1-3 介入手术室的设备配置一览表**

| 序号 | 名称                                       | 数量  | 用途             | 位置                  | 备注          |
|----|--|-----|----------------|---------------------|-------------|
| 1  | DSA<br>(西门子 Cios Alpha, 125kV、<br>120mA) | 1 台 | 介入手术           | 医院主大楼 12F 介<br>入手术室 | 拟购          |
| 2  | 控制系统                                     | 1 套 | DSA 设备操作       | 控制室                 | DSA<br>配套设备 |
| 3  | 中心供氧装置                                   | 1 套 | 患者供氧           | 介入手术室内              | 手术配套<br>设备  |
| 4  | 除颤仪                                      | 1 台 | 手术配套用          | 介入手术室内              |             |
| 5  | 高压注射器                                    | 1 台 | 手术配套用          | 介入手术室内              |             |
| 6  | 吸痰器                                      | 1 台 | 手术配套用          | 介入手术室内              |             |
| 7  | 电生理仪                                     | 1 台 | 手术配套用          | 介入手术室内              |             |
| 8  | 中心负压吸引                                   | 1 套 | 手术配套用          | 介入手术室内              |             |
| 9  | 空气消毒机                                    | 1 台 | 空气消毒           | 介入手术室内              |             |
| 10 | 铅橡胶围裙、铅橡胶颈套                              | 4 套 | 工作人员防护         | 工作人员穿戴              | 0.5mmPb     |
| 11 | 铅橡胶帽子、铅防护眼镜                              | 2 套 | 工作人员防护         | 工作人员穿戴              | 0.5mmPb     |
| 12 | 介入防护手套                                   | 若干  | 工作人员防护         | 工作人员穿戴              | 0.025mmPb   |
| 13 | 铅悬挂防护屏、铅防护吊帘、<br>床侧防护帘、床侧防护屏             | 1 套 | 工作人员防护         | 介入手术室内              | 0.5mmPb     |
| 14 | 铅橡胶性腺防护围裙、铅橡胶<br>颈套、铅橡胶帽子                | 1 套 | 患者防护           | 患者穿戴                | 0.5mmPb     |
| 15 | 个人剂量计                                    | 6 枚 | 工作人员<br>个人剂量监测 | 工作人员佩戴              | 佩戴 2 枚      |

**1.6 劳动定员和工作制度**

本项目劳动定员 3 人，其中 1 名技师，1 名介入手术医生，1 名专业护士，均由医院内部调配，不新增工作人员。放射工作人员年工作时间为 250 天。

**1.7 工作负荷**

根据医院提供资料，本项目预计年开展腹主动脉球囊阻断术共 250 台。

**1.8 项目周边保护目标**

本项目位于重庆市璧山区妇幼保健院主大楼 12F。根据拟建项目周围环境敏感目标分布情况，项目所在位置周围 50m 范围内仅有项目所在医院主大楼和中国农业银行。因

此，确定本项目环境保护目标为该医院从事介入手术的相关工作人员、介入手术室周围公众成员和中国农业银行内的公众成员。

### 1.9 现有辐射装置情况及目前存在的主要环境问题

#### 1.9.1 医院的环保手续情况

2010年重庆市璧山区妇幼保健院已编制完成了《新建璧山县妇幼保健院整体搬迁环境影响报告表》，并于2010年12月取得了璧山县环境保护局的审批意见：渝（璧）环准【2010】263号。2014年项目建设完成，并投入运行，于2014年4月取得了璧山县环境保护局的审批意见：渝（璧）环验【2014】023号。重庆市璧山区妇幼保健院已取得排污许可证（证书编号12500227450697423A001U），有效期至2023年08月04日。此外，医院运行至今，无环保投诉，无环境遗留问题。

#### 1.9.2 与项目有关辐射环境问题

重庆市璧山区妇幼保健院位于重庆市璧山区璧泉街道双星大道36号。根据医院提供的资料可知，重庆市璧山区妇幼保健院现已配置了2台医用X射线诊断装置开展疾病的放射诊断工作，并取得了《辐射安全许可证》（渝环（辐）证24002号），有效期至2025年11月04日。

表 1-6 医院现有 X 射线装置一览表

| 序号 | 设备名称          | 类别  | 数量（台） | 使用场所            | 备注  |
|----|---------------|-----|-------|-----------------|-----|
| 1  | 医用诊断 X 线机     | III | 1     | 放射科（主大楼二楼 DR 室） | 已办证 |
| 2  | X 射线计算机体层摄影设备 | III | 1     | 放射科（主大楼二楼 CT 室） | 已办证 |

经现场调查，医院现有辐射防护制度完善，放射工作人员配备齐全，建立了个人剂量计档案和健康档案，放射工作人员进行了辐射工作安全防护培训，并取得合格证，做到了持证上岗。医院委托有资质单位对运行的射线装置机房的辐射环境进行了监测，各机房的屏蔽能力满足要求。医院上述设备运行至今使用情况良好，无辐射安全事故发生，未发生环保纠纷，未无环保遗留问题。此外，医院运营至今，重庆市生态环境局和璧山区生态环境局未收到环保投诉。

建议和反馈意见：医院后续拟配置的射线装置、放射性同位素应用及时进行环评，投入使用前应进行验收并办理辐射安全许可证；若射线装置、放射性同位素位置等发生变化，应按照相关要求完善相应环保手续。若有报废的射线装置，应去功能化后作为一

般固废处置。

### 1.9.3 本项目与医院的依托关系

本项目主要依托医院主大楼主体结构、给排水及供配电工程、废水处理站、医疗废物及生活垃圾收运系统、医院劳动定员和医院辐射环境管理机构及人员，依托可行性分析详见表 1-7。

表 1-7 项目依托情况一览表

| 序号 | 依托内容 |     | 依托可行性   |
|----|------|-----|---|
| 1  | 主体工程 |     | 项目位于医院主大楼 12F 手术室 5，内部尚未布置，利于根据项目情况进行内部改造。  |
| 2  | 辅助工程 |     | 医生办公室、值班室、无菌库房、准备室（包括换鞋区、更衣室、洁具间等）等均布置在医院主大楼 12F 手术层，且已在正常使用，故本项目直接依托可行   |
| 3  | 公用工程 | 给水  | 医院主大楼用电由市政电网引入至配电房内，再接入各个用电部位因此，项目依托医院主大楼的配电室供电可行。  |
|    |      | 排水  | 医院主大楼由市政供水管网供给，项目依托主大楼供水管网供水可行。   |
|    |      | 供配电 | 医院主大楼采用雨污分流制，医疗污水排入污水处理站处理。项目位于主大楼内，故拟建项目依托医院主大楼的排水管网排水可行。  |
|    |      | 通风  | 拟建介入手术室原为普通手术室，已有完善的通风系统，可直接依托  |
| 4  | 环保工程 | 废气  | 拟建介入手术室原为普通手术室，已有完善的通风系统，废气经过原有通风系统可引至医院主大楼楼顶排放   |
|    |      | 废水  | 根据医院提供的资料可知，医医院污水处理站布置在主大楼东北侧绿化带下方，处理能力为 200m <sup>3</sup> /d。目前医院废水产生量约 160m <sup>3</sup> /d，本项目废水主要是医务人员洗手水、场地保洁水，产生量很少。故医院污水处理站处理能力能够满足医院医疗废水处理需求。因此，项目废水依托医院污水处理站处理可行 |
|    |      | 固废  | 医院主大楼-2F 设置有医疗废物暂存间，项目产生的医疗垃圾可直达，转运距离短。此外，医疗废物暂存间面积约 40m <sup>2</sup> ，采用紫外灯消毒，医院建立台账，统一交由资质单位处置。医疗废物暂存间建筑面积可以满足项目的暂存需要   |
| 5  | 劳动定员 |     | 劳动定员 3 人，均为医院已有放射工作人员，现有放射工作人员中包含了医师、技师、护士等。同时，相关工作人员均进行了辐射安全防护培训，取得合格证。因此，本项目依托可行  |
| 6  | 管理   |     | 医院已经建立了辐射防护管理机构，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，可依托现有的辐射环境管理机构和管理制度   |

综上，本项目依托医院主大楼现有的主体结构、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和医院辐射环境管理机构、工作人员等是可行的。



**1.9.4 本项目与医院发展的衔接**

本项目主要是通过使用射线装置来开展介入手术，是一种手术过程中的更新诊断手段，能更好的为病人进行诊断。本项目用房原为手术室 5、苏醒室（部分），本项目占用手术室 5、苏醒室后，手术室 5 的手术转移至其他手术室开展，麻醉室更改为麻醉苏醒室，兼顾苏醒室功能。因此，项目使用该区域后不会影响医院正常运营，不与医院的整体发展相冲突。

**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 |
|------------|------|----------------------------|----|------|----|------|---------|----|
| 本项目不涉及放射源。 |      |                            |    |      |    |      |         |    |

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 |
|-----------------|------|------|------|---------------|---------------|------------|----|------|------|---------|
| 本项目不涉及非密封放射性物质。 |      |      |      |               |               |            |    |      |      |         |

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**

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  | 血管造影用 X 射线装置 (DSA) | II 类 | 1 台 | 西门子<br>Cios Alpha | 125        | 120        | 介入手术 | 医院主大楼 12F | /  |



表 6 评价依据

|             |  |
|-------------|--|
| <p>法规文件</p> | <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 日最新修订；</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) 《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；</p> <p>(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；</p> <p>(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，2019 年 8 月 22 日修订实施；</p> <p>(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；</p> <p>(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）；</p> <p>(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；</p> <p>(10) 《重庆市环境保护条例》，2018 年 7 月 26 日施行修订版；</p> <p>(11) 重庆市环境保护局关于印发《重庆市放射性同位素与射线装置辐射安全许可管理规定》的通知，渝环[2017]242 号；</p> <p>(12) 《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。</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>  |

续表 6 评价依据

|             |  |
|-------------|--|
| <p>技术标准</p> | <p>(6) 《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分：化学有害因素（一）》（GBZ2.1-2019）；</p> <p>(7) 参照《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》（WS76-2020）。</p>   |
| <p>其他</p>   | <p>(1) 项目委托书，附件 1；</p> <p>(2) 项目备案证，附件 2；</p> <p>(3) 《辐射安全许可证》，附件 3；</p> <p>(4) 《监测报告》渝泓环（监）[2020]1152 号，附件 4；</p> <p>(5) ICRP33 号报告《Protection Against Ionizing Radiation from External Sources Used in Medicine》；</p> <p>(6) NCRP147 号报告《Structural shielding Design for Medical X-ray Imaging Facilities》；</p> <p>(7) 《辐射防护导论》；</p> <p>(8) 医院提供的其他资料。</p> |

## 表7 保护目标与评价标准

### 7.1 评价范围

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

项目 DSA 设备位于固定的介入手术室内。因此,垂直方向上本评价主要关注与介入手术室相邻上下层的项目用房对应区域。

### 7.2 保护目标

#### (1) 项目用房所在楼外环境概况

拟建项目位于重庆市璧山区璧泉街道双星大道 36 号重庆市璧山区妇幼保健院医院主大楼 12F。医院主大楼建筑结构为 13F/-2F,东侧约 40m 为中国移动通信集团重庆有限公司璧山分公司;南侧约 40m 为城市主干道双星路;西侧紧邻中国农业银行和医院月子中心;北侧约 70m 为城市支路。

项目地理位置图见附图一,周围环境见附图二。

#### (2) 介入手术室周围环境布置

介入手术室位于医院主大楼 12F 原手术室 5,介入手术室东侧紧邻控制室和走廊,之外约 3m 为麻醉苏醒室、换车间、办公室等;南侧紧邻走廊,之外约 2.5m 为手术室;西侧紧邻手术室,之外约 5m 为走廊、电梯、楼梯、医气站房等,约 21m 为中国农业银行、医院月子中心;北侧为走廊;楼下为导乐室、走廊、助产士办公室、无菌辅料室、无菌药品室;楼上为出纳室、财务室、创建办公室。

介入手术室周围环境保护目标分别见表 7-1。

表 7-1 介入手术室周围环境敏感目标一览表

| 序号 | 环境保护目标         | 方位 | 最小水平距离 | 高差 | 环境特征        | 影响人群类型         | 影响因子     |
|----|----------------|----|--------|----|-------------|----------------|----------|
| 1  | 控制室、洁净走廊       | 东侧 | 紧邻     | 平层 | 项目用房,约 1 人  | 放射工作人员<br>公众成员 | 电离<br>辐射 |
|    | 麻醉苏醒室、换车间、办公室等 |    | 约 3m   | 平层 | 医院用房,约 10 人 | 公众成员           |          |
| 2  | 洁净走廊           | 南侧 | 紧邻     | 平层 | 医院用房,约 2 人  | 公众成员           |          |
|    | 手术室            |    | 约 2m   | 平层 | 医院用房,约 4 人  | 公众成员           |          |

续表 7 保护目标与评价标准

| 序号 | 环境保护目标                    | 方位  | 最小水平距离 | 高差   | 环境特征          | 影响人群类型 | 影响因子 |
|----|---------------------------|-----|--------|------|---------------|--------|------|
| 3  | 手术室 6                     | 西侧  | 紧邻     | 平层   | 医院用房, 约 10 人  | 公众成员   | 电离辐射 |
|    | 走廊、电梯、楼梯、医气站房等            |     | 紧邻     | 平层   | 医院用房, 约 2 人   | 公众成员   |      |
|    | 中国农业银行                    |     | 约 21m  | -30m | 商业用房, 约 50 人  | 公众成员   |      |
|    | 医院月子中心                    |     | 约 21m  | -20m | 医院用房, 约 100 人 | 公众成员   |      |
| 4  | 污物走廊                      | 北侧  | 紧邻     | 平层   | 医院用房, 约 2 人   | 公众成员   |      |
| 5  | 导乐室、走廊、助产士办公室、无菌辅料室、无菌药品室 | 正下方 | 紧邻     | 楼下   | 医院用房, 约 8 人   | 公众成员   |      |
| 6  | 出纳室、财务室、创建办公室             | 正上方 | 紧邻     | 楼上   | 医院用房, 约 20 人  | 公众成员   |      |

备注：本表中“-”指环境保护目标的楼顶比医院主大楼 12F 低。

### 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：

应对工作人员的照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

##### 1) 放射工作人员

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。

##### 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年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)

本标准适用于 X 射线影像诊断和介入放射学。

第 6.1.5 款 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（本报告表 7-2）的规定。

续表 7 保护目标与评价标准

| 表 7-2 X 射线设备机房（照射室）使用面积及单边长度的要求 |   |                          |
|---------------------------------|---|--------------------------|
| 设备类型                            | 机房内最小有效使用面积 <sup>d</sup> m <sup>2</sup> | 机房内最小单边长度 <sup>e</sup> m |
| 单管头 X 射线设 <sup>b</sup> （含 C 形臂） | 20                                      | 3.5                      |

a 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 为 C 形臂 X 射线设备。

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

| 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               | 2                |

备注：本项目 DSA 为 C 形臂 X 射线设备。

第 6.2.3 款 机房的门和窗关闭时应满足表 3 的要求。

第 6.3.1 款 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

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

c) 具有短时、高剂量率曝光的摄影程序（如 DR、CR、屏片摄影）机房外的周围剂量率应不大于 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；

第 6.5.1 款 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。

第 6.5.3 款 除介入防护手套外，防护用品和辅助防护设施的的铅当量应不小于 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。

第 6.5.4 款 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。



续表 7 保护目标与评价标准

(3) 《医用 X 射线诊断受检者放射卫生防护标准》(GB16348-2010)

第 7.1.2 款 应为不同年龄儿童的不同检查配备有保护相应组织和器官的防护用品, 其防护性能不小于 0.5mm 铅当量。

(4) 《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)

室内: 臭氧浓度的接触限值:  $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ ; 氮氧化物的接触限值:  $5\text{mg}/\text{m}^3$ 。

(5) 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  $20\text{mSv}$ , 公众成员年有效剂量不超过  $1\text{mSv}$ ; 条款 11.4.3.2 规定: 剂量约束值通常在公众照射剂量限值 10%-30% (即  $0.1\text{mSv}/\text{a}$ - $0.3\text{mSv}/\text{a}$ )。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  $5\text{mSv}/\text{a}$  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  $0.25\text{mSv}/\text{a}$  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)           | GB18871-2002 及<br>医院管理要求 |
| 放射工作人员              | 20   | 5                           |                          |
| 公众成员                | 1  | 0.25                        |                          |
| 环境剂量控制              |  |                             | 执行依据                     |
| 透视时介入手术室外<br>30cm 处 | 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 $2.5 \mu\text{Sv}/\text{h}$ 。   |                             | GBZ130-2020              |
| 摄影时介入手术室外<br>30cm 处 | 具有短时、高剂量率曝光的摄影程序 (如屏片摄影) 机房外的周围剂量率应不大于 $25\mu\text{Sv}/\text{h}$ , 当超过时应进行机房外人员的年有效剂量评估, 应不大于 $0.25\text{mSv}$ 。 |                             |                          |
| 机房面积控制              |  |                             | 执行依据                     |
| 设备名称                | 机房内最小单边长度(m)   | 机房内最小有效使用面积( $\text{m}^2$ ) | GBZ130-2020              |
| DSA(按单管头执行)         | 3.5  | 20                          |                          |

注: 本项目 DSA 为单管头, 参照单管头 X 射线机确定机房控制面积和单边长度。

**表 8 环境质量和辐射现状**

为掌握本项目所在位置的辐射环境背景水平，重庆泓天环境监测有限公司于 2021 年 1 月 11 日对本项目拟建址的 $\gamma$ 辐射剂量率背景值进行了监测。监测报告编号为：渝泓环（监）[2020]008 号。

(1) 监测因子： $\gamma$ 辐射剂量率。

(2) 监测方法和依据：

监测方法和依据见表 8-1。

**表 8-1 监测方法和依据**

| 监测项目                | 监测方法 | 监测依据  |
|---------------------|------|---|
| 环境地表 $\gamma$ 辐射剂量率 | 仪器法  | 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》GB18871-2002<br>《环境地表 $\gamma$ 辐射剂量率测定规范》GB/T14583-1993 |

(3) 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、 $\gamma$ 辐射空气比释动能率 JB4010 | 09031 | 2020030403481 | 2021.3.19 | 1.03 |

(4) 监测点位：共设 6 个点。具体监测布点见图 8-1。



**图 8-1 监测布点图**

续表 8 环境质量和辐射现状

根据监测布点情况，本次在介入手术室、控制室、走廊、介入手术室楼上创建办、楼下导乐室以及拟建项目所在医院主大楼外空坝各布设了 1 个监测点位。各监测点位的布设能够反映本项目拟用房辐射环境水平及临近地表 $\gamma$ 辐射水平。因此，项目监测布点合理可行。

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

(6) 监测结果统计：监测结果统计见表 8-3。

表 8-3 拟建项目本底监测结果统计

| 监测点位 | 监测点位描述          | $\gamma$ 辐射剂量率 (nGy/h) |
|------|-----------------|------------------------|
| △1   | 手术间 5 (拟建介入手术室) | 68                     |
| △2   | 拟建控制室           | 67                     |
| △3   | 洁净走廊            | 62                     |
| △4   | 楼上创建办           | 68                     |
| △5   | 楼下导乐室           | 66                     |
| △6   | 室外空坝            | 64                     |

根据监测统计结果可知，本项目建设位置及周围环境的 $\gamma$ 辐射剂量率的监测值在 62nGy/h~68nGy/h 之间（未扣除宇宙射线）。根据《2019 年全国辐射环境质量报告》（中华人民共和国生态环境部），重庆市多个点位的 2019 年环境地表 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率监测值范围在 64.8~188.8nGy/h 之间。两者相比，拟建址场址及临近环境 $\gamma$ 辐射剂量率无明显差异。

## 表 9 项目工程分析与源项

### 9.1 施工期污染工序及污染物产生情况

拟建项目利用原有手术室 5、苏醒室（部分）改造成介入手术室、控制室以开展腹主动脉球囊阻断术。目前介入手术室、控制室已改造完成，后期仅进行设备安装。故拟建项目施工期仅产生少量的固废、噪声，对环境的影响小。因此，本评价后文将不在分析施工期环境影响。

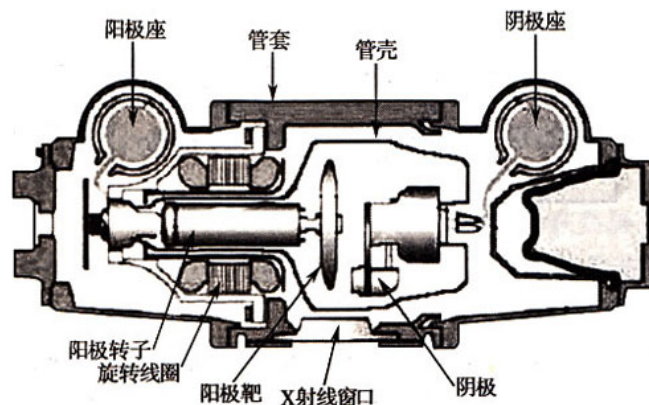
### 9.2 运行期污染工序及污染物产生情况

#### 9.2.1 工作原理

##### (1) 工作原理

##### ① X 射线产生及成像原理

DSA 属于血管造影用 X 射线装置。X 射线装置中产生 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。图 9-1 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，通过荧光屏或影像增强器、计算机、摄像机（对影像增强器的图像进行一系列扫描，再经过模/数-数/模转换）等方式进行成像。

## 续 9 项目工程分析与源项

### ② DSA 工作原理

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

### (2) 设备组成

血管造影机系统组成：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。该项目设备采用平板探测器（FD）技术成像：FD 技术可以即时采集到患者图像，对图像进行后期处理，轻松保存和传送图像。

DSA 工作示意图见图 9-2，实物图如下图 9-3 所示。

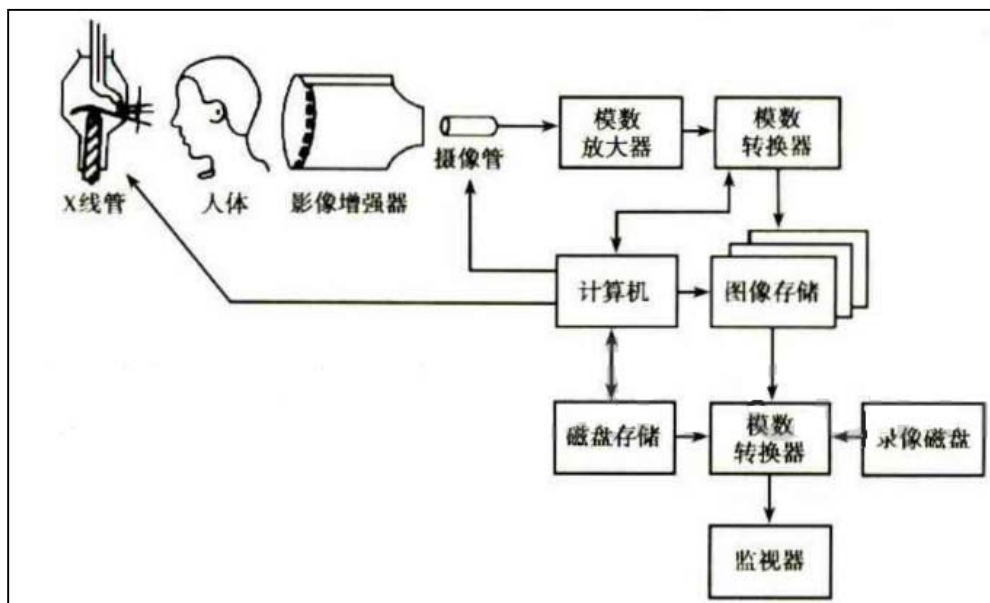


图 9-2 DSA 工作示意图

## 续9 项目工程分析与源项



图 9-3 DSA 实物照片（示例）

### （3）操作流程

拟建项目主要运用血管造影用 X 射线装置开展腹主动脉球囊阻断术。腹主动脉球囊阻断术就是在血管造影用 X 射线装置（DSA）的引导下，通过经腋动脉或经股动脉放置球囊导管，孕妇分娩过程中一旦出现大出血，立即扩张球囊，堵住血管，阻断血供，大大降低术中出血风险。腹主动脉球囊阻断术属于预防性球囊阻断术，常用于胎盘异常附着的患者，如产科前置胎盘引起的出血，尤其适用于凶险性前置胎盘、合并胎盘植入、穿透性胎盘等估计术中可能发生不可避免的大出血的患者。

腹主动脉球囊阻断术操作流程如下：

①在右侧腹股沟区消毒铺巾，局麻穿刺右侧股动脉，插入导管鞘，行腹主动脉造影，了解腹主动脉形态、双侧肾动脉开口的位置，并测量肾下腹主动脉的直径，记录双侧肾动脉开口位置和腹主动脉分叉处与腰椎的对应位置关系。

②选择适合腹主动脉直径的球囊导管，通过鞘管将球囊导管引入腹主动脉下端，球囊置于肾动脉开口的下方及髂动脉分叉上方的腹主动脉内。定位后，先行阻断试验，将稀释的对比剂充盈球囊并同时行腹主动脉造影，以显示腹主动脉血流完全阻断，双侧肾动脉血流通畅为目标。记录充盈球囊的对比剂量，在球囊导管露出导管鞘处作标记，固定导管鞘和球囊导管。

③剖腹产手术后适时充盈球囊，每次充盈时间不超过 30min，中间排空球囊 10 min，使手术操作在腹主动脉血流在球囊阻断的状态下完成。术后拔出球囊导管，腹股沟穿刺点压迫止血。

根据腹主动脉球囊阻断术流程可知，项目 DSA 在进行曝光时分为两种情况：

## 续9 项目工程分析与源项

第一种情况，造影,即采集。采集包括电影和减影两种模式，根据手术方案，采集次数不同。一般情况下，电影模式下是医生在介入手术室内由手术医生直接采集，医生与患者直接交流。在减影模式下则采取隔室操作的方式（即 DSA 技师在控制室内对患者进行曝光），医生通过铅玻璃观察窗和监视器观察介入手术室内患者情况，并通过对讲系统与患者交流。本项目主要进行腹主动脉球囊阻断术，手术时间短，DSA 全程出束时间短。此外，拟配置的 DSA 工作电压、电流小。因此，实际操作过程中，本项目减影模式下手术医生也在介入手术室内。无论哪种工作模式，医生在介入手术室内必须身着铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅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、铅防护吊帘、床侧防护帘、床侧防护屏等辅助防护设施后身着铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护手套等个人防护用品在介入手术室内对患者进行直接的介入手术操作。

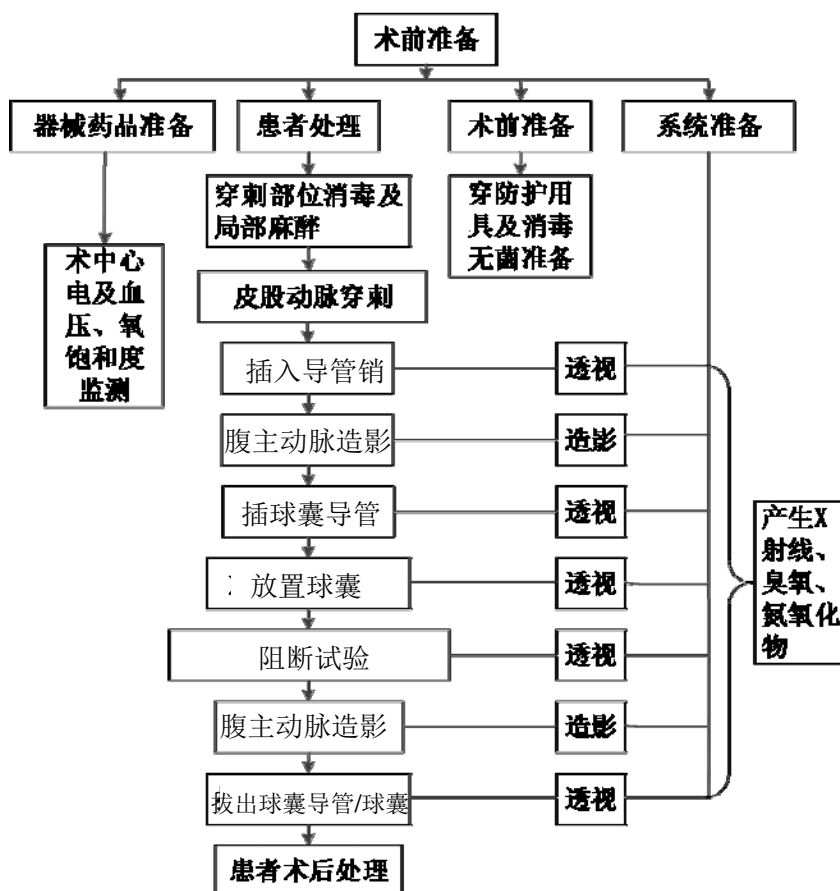


图 9-4 腹主动脉球囊阻断术流程及产污环节图

## 续9 项目工程分析与源项

根据上图，本项目污染因子主要为 DSA 工作时产生的 X 射线和臭氧、氮氧化物。由 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。

### 9.2.5 工作负荷

医院拟为介入手术室配置手术医生、护士各 1 名从事介入手术工作，并配置 1 名技师操作设备。根据医院提供的资料，医院介入手术工作负荷情况见表 9-1。

表 9-1 医院 DSA 工作负荷表

| 手术类型      | 年开展工作量 | 透视         |         | 采集     |          |            |        | 全年总出束时间 |
|-----------|--------|------------|---------|--------|----------|------------|--------|---------|
|           |        | 每台手术透视曝光时间 | 年透视曝光时间 | 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  |         |
| 腹主动脉球囊阻断术 | 250 台  | 约 2min     | 约 8.3h  | 3~4s   | 4~6 次    | 约 0.4min   | 约 1.7h | 约 10.0h |

根据上表可知，介入手术过程中，透视时间共约 8.3h，采集时间约 1.7h，DSA 总年有效开机时间约 10.0h。

## 9.3 污染源项描述

### 9.3.1 电离辐射

根据建设项目 DSA 介入工作流程，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，照射量率减小；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。根据医院提供资料可知：

①在极端情况下，本项目 DSA 透视工况和采集工况运行管电压为额定电压，即



## 续9 项目工程分析与源项

125kV，电流自动跟随电压，电流不大于 94mA。

②常用透视工况为 80~100kV/5~15mA，采集工况为 80~100kV/10~20mA。

根据射线衰减原理和 ICRP33 号报告，不同过滤条件下离靶 1 米处的 X 射线发射率见图 9-5 所示。本项目 DSA 过滤板为 3mmAl，额定电压 125kV，最大常用运行电压 100kV。查图可知，额定电压 125kV 时，离靶 1 米处的发射率约为  $9.8\text{mGy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$ ，常用最大电压 100kV 时，离靶 1 米处的发射率约为  $6.3\text{mGy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$ 。

(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  $100\text{cm}^2$  区域内的平均空气比释动能不超过  $1\text{mGy/h}$ 。

(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。

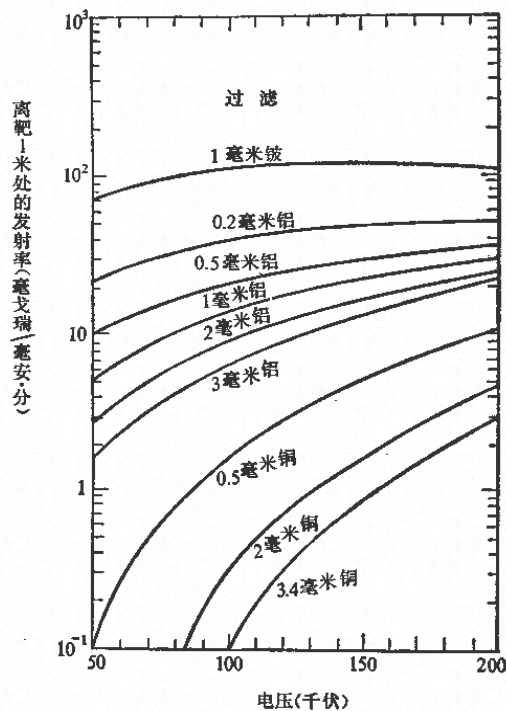


图 9-5 不同过滤材质在恒电位 X 射线发生器在离靶 1 米处的发射率

### 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

## 续9 项目工程分析与源项

响室内空气质量。臭氧和氮氧化物是一种对人体健康有害的气体。

### (2) 固废

本项目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》中HW01 医疗废物。医院在介入手术室内设置感染性和损伤性废物收集桶，并粘贴标识。手术过程中产生废物及时运至同层废物室内暂存，并每日转移至医院主大楼-2F 医疗废物暂存间，并交由有资质的单位处理。

DSA 在运行时均采用实时成像系统，不洗片，无废片产生。项目产生生活垃圾依托院内生活垃圾暂存间暂存交环卫部门处理。项目配置多套铅橡胶衣、帽子等含铅防护用品，在使用一定年限后屏蔽能力减弱，不能达到原有使用功能后成为报废铅防护用品，按有关规定，由医院收集、暂存后妥善处置，并做好相应记录。

### (3) 废水

本项目产生的少量医疗废水进入医院废水处理站统一处理，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 9-2。

表 9-2 污染因子一览表

| 工作场所  | 影响因素   | 主要污染因子                          | 产排量  |
|-------|--------|---------------------------------|--|
| 介入手术室 | 电离辐射   | X 射线                            | 距靶 1m 处有用线束的发射率：125kV 下不大于 9.8mGy·m <sup>2</sup> /mA·min，100kV 不大于 6.3mGy·m <sup>2</sup> /mA·min。<br>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（依托医院医疗废物暂存间暂存后交由有资质单位处置）  |
|       |        | 生活垃圾                            | 少量（交环卫部门处置）  |
|       | 废铅防护用品 | 少量（暂存后按有关规定妥善处置）                |  |
| 废水    | 医疗废水   | 少量（排入医院污水处理站处理）                 |  |



## 续表 10 辐射安全与防护

### (3) 合理性分析

介入手术用房设置在医院主大楼 12F，医院主大楼 12F 整层均属于手术区，活动人员少。同时介入手术用房位于医院主大楼 12F 北侧，处于手术室集中区的一端，与大部分手术室有一定的距离，相对独立，利于辐射防护与管理。此外，项目用房属于独立的手术间，手术室无直接与外环境相通的门，有利于空气消毒等，能满足手术室病感规范要求。因手术医生和护士手术全程均在手术室内，故本项目介入手术室仅设置 2 个防护门，手术医护人员和患者共用 1 个出入口，另一个出入口供污物运出，各通道分开，互不交叉。介入手术室布置了 1 个观察窗，放射工作人员能在控制室内很好的观察介入手术室内情况。

综上所述，从辐射环境保护角度分析，项目布局合理。

### 10.1.2 机房面积

本项目 DSA 为单管头设备，介入手术室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 |
|------|---------------|-------------------------|----------|---------------------|--------|
|      | 机房内空尺寸（长×宽，m） | 有效使用面积（m <sup>2</sup> ） | 最小单边长（m） | 面积（m <sup>2</sup> ） |        |
| DSA  | 6.2×6.3       | 39.2                    | ≥3.5     | ≥20                 | 满足     |

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

### 10.1.3 辐射工作场所分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）控制区和监督区的定义划定控制区和监督区。其定义为“控制区：在辐射工作场所划分的一种区域，在这种区域内要求或可能要求采取专门的防护手段和安全措施；监督区：未被确定为控制区、通常不需要采取专门防护手段和安全措施但要不断检查其职业照射条件”。

介入手术室以防护门、观察窗和屏蔽墙为界，设置为控制区；防护门、观察窗和屏蔽墙体外邻近区域以及楼上、楼下对应区域划分为监督区。具体划分情况如下。

**表 10-2 本项目控制区、监督区划分表**

| 分区类型  | 划分区域   |
|-------|--|
| 控制区范围 | 介入手术室  |
| 监督区范围 | 控制室、走廊、手术室 6；楼上对应区域（出纳室、财务室、创建办公室）；楼下对应区域（导乐室、走廊、助产士办公室、无菌辅料室、无菌药品室） |

## 续表 10 辐射安全与防护

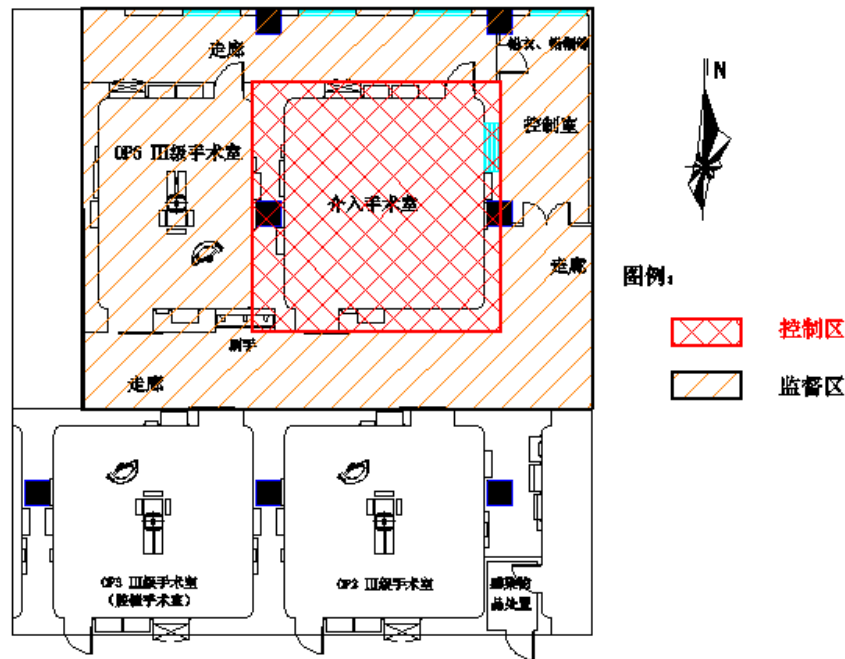


图 10-2 本项目分区布置示意图

## 10.2 辐射安全与防护

### 10.2.1 医院拟采取的辐射安全与防护措施

#### (1) 设备固有措施

本项目拟购 DSA 装置自身采取多种固有安全防护措施：

①本项目 DSA 拟设可调限束装置，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，并拟配备透视限时装置。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放置合适铝过滤板，以多消除软 X 射线以及减少二次散射，优化有用 X 射线谱。设备提供适应 DSA 不同应用时所选用的各种形状与规格的准直器隔板和铝过滤板。影像增强器前面可酌情配置各种规格的滤线栅，减少散射影响。

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

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

## 续表 10 辐射安全与防护

⑤配备辅助防护设施：设备采购时选配辅助防护设施 1 套，包括铅悬挂防护屏、铅防护帘、床侧防护帘、床侧防护屏。

⑥应急开关：DSA 设备上自带急停开关，控制台上拟设置急停开关，按下急停按钮，DSA 设备立即停止出束。

### (2) 机房采取的辐射安全与防护措施

①本项目 DSA 有单独机房（介入手术室），介入手术室墙体屏蔽厚度均为 240mm 页岩砖，顶棚和地板屏蔽厚度均为 100mm 混凝土+1.5mmPb 硫酸钡防护涂料，铅防护门和铅玻璃观察窗厚度均为 3mmPb。根据后文核算，本项目介入手术室的四周墙体、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。

②介入手术室患者和医护人员进出门为推拉式门，污物运出门为平开门，2 个门均为铅防护门，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，防护门、铅玻璃窗的生产和安装均由有资质的厂家负责。

### (3) 通风

介入手术室依托医院主大楼 12F 的空气净化系统进行通风换气，介入手术室设置有进风口、回风口和排风口，进风口布置在顶棚错开布置，回风口则布置在介入手术室东墙、西墙距离地面约 30cm 处。介入手术室内通风量超过 1000m<sup>3</sup>/h，换气次数超过 6 次，能保证机房内良好的通风，废气最终引至医院主大楼 13F 楼顶排放。

### (4) 管线进出口防护

#### ①风管

介入手术室的排风管、进风管、回风管均在吊顶上方朝南墙穿出，并在走廊汇入其它手术室的相应通风管道内，通风管道穿墙高度均约 3.0m，穿墙口位置较高，且远离人员频繁活动区域。

#### ②穿线管

介入手术室内底部穿越防护墙的电导线、导管等均采用“U”型，管线进出口设置在底部并敷设钡水泥，不影响墙体的屏蔽防护效果。

### (5) 联锁系统

介入手术室的各防护门均设置有门灯联锁系统，即在开机时，门上方设置的“射线有害、灯亮勿入”指示灯亮，警示无关人员远离机房区域。

**续表 10 辐射安全与防护**

**(6) 警示标识**

介入手术室各防护门外均拟设置电离辐射警告标志，并在患者进出的防护门上张贴放射防护注意事项。

**(7) 辐射防护用品**

根据医院提供的资料，医院拟配备个人防护用品，具体见表 10-3。

**表 10-3 项目配置的个人防护用品和辅助防护设施情况**

| 设备类型 | 工作人员   |  | 患者                                      |        |
|------|--|--|---|--------|
|      | 个人防护用品   | 辅助防护设施   | 个人防护用品                                  | 辅助防护设施 |
| DSA  | 铅橡胶围裙（4套）<br>铅橡胶颈套（4套）<br>铅防护眼镜（2套）<br>铅橡胶帽子（2套） | 铅悬挂防护屏（1套）<br>铅防护帘（1套）<br>床侧防护帘（1套）<br>床侧防护屏（1套） | 铅橡胶性腺防护围裙（1套）<br>铅橡胶颈套（1套）<br>铅橡胶帽子（1套） | /      |

备注：防护用品和辅助防护设施的铅当量均为 0.5 mmPb；防护用品采用悬挂或平铺方式存放，不折叠。

对比《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）可知，医院还应为手术医护人员配置介入防护手套，其余个人防护用品及辅助防护设施符合要求。

**(8) 其他**

①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。

②合理布置介入手术室内急救及手术用辅助设备，安装监控与对讲装置。

③医院应合理安排医疗废物运出时间，DSA 工作时，严禁医疗废物运出；待 DSA 停止工作时，方可进行医疗废物运送。

**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）等相关要求对比情况见表 10-4 所示。

续表 10 辐射安全与防护

| 表 10-4 项目辐射防护措施与标准要求对比情况表 |                   |  |  |
|---------------------------|-------------------|--|--|
| 标准号                       | 标准要求              | 项目情况   |  |
| GBZ130-2020               | X 射线设备防护性能的技术要求   | 5.2.2 透视曝光开关应为常断式开关，并配有透视计时及限时报警装置。  | 设备自带   |
|                           |                   | 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   |
|                           |                   | 5.8.3 X 射线设备应配备能阻止使用焦距小于 20cm 的装置。   | 设备自带   |
|                           |                   | 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   |
|                           | 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。  | 已合理设置设备、门窗和管线位置，设备自带影像增强器能较好的阻挡主射线，故 DSA 主要考虑其散漏射，有用线束不会直接照射门窗、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。  | 本项目介入手术室邻室（含楼上和楼下）均为医院内部用房，且介入手术室四周墙体和楼上均采用足够厚的屏蔽材料进行防护，能保障周围人员的防护与安全。         |
|                           |                   | 6.1.3 每台固定使用的 X 射线设备应设有单独的机房，机房应满足使用设备的布局要求；   | 设备有独立的机房   |
|                           |                   | 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。 | 机房有效使用面积和最小单边长度满足标准要求。   |
|                           |                   | 6.3.1 a) 具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于 2.5 μSv/h；测量时，X 射线设备连续出束时间应不大于仪器响应时间；厚度要求。              | 本项目 DSA 在透视条件下介入手术室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。 |
|                           |                   |  |  |



续表 10 辐射安全与防护

| 续表 10-4 项目辐射防护措施与标准要求对比情况表  |  |  |
|---|--|--|
| 标准号   | 标准要求   | 项目情况   |
| GBZ130-2020   | X 射线设备机房防护设施的技术要求  |  |
|   | 6.3.1 c) 具有短时、高剂量率曝光的摄影程序 (如 DR、CR、屏片摄影) 机房外的周围剂量率应不大于 $25 \mu\text{Sv/h}$ , 当超过时应进行机房外人员的年有效剂量评估, 应不大于 $0.25\text{mSv}$ ; | 本项目 DSA 具有摄影功能, 摄影状态下介入手术室各屏蔽体屏蔽厚度满足 GBZ130-2020 要求, 能确保摄影时介入手术室屏蔽体外的周围剂量当量率不大于 $25\mu\text{Sv/h}$ 。   |
|   | 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。  | 介入手术室设置有观察窗, 能观察到受检者状态及防护门开闭情况。  |
|   | 6.4.2 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。  | 介入手术室内除必要的配套设施外, 不堆放其他杂物。  |
|   | 6.4.4 机房门外应有电离辐射警告标志; 机房门上方应有醒目的工作状态指示灯, 灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句; 候诊区应设置放射防护注意事项告知栏。                                     | 铅防护门均设置电离辐射警告标志, 医患出入口防护门设置门灯连锁装置, 门关闭, 显示“射线有害、灯亮勿入”, 同时在患者进入手术室的外墙上设置放射防护注意事项告知栏。                    |
|   | 6.4.5 平开机房门应有自动闭门装置; 推拉式机房门应设有曝光时关闭机房门的管理措施; 工作状态指示灯能与机房门有效联动。   | 介入手术室污物出口的平开门设置有闭门装置。医院制定了管理制度, 要求介入手术室医患出入口的推拉式门在曝光时确保关闭。另介入手术室防护门均设置门灯连锁, 并确保工作状态指示灯能与介入手术室的防护门有效联动。 |
|   | 6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。  | 本项目介入手术室医患出入口的电动推拉门设置防夹装置。   |
|   | 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。  | 设备自带影像增强器能较好的阻挡主射线, 介入手术室出入门均处于散射辐射相对低的位置。   |  |
| 6.5.1 每台 X 射线设备根据工作内容, 现场应配备不少于表 4 基本种类要求的工作人员、受检者防护用品与辅助防护设施, 其数量应满足开展工作需要, 对陪检者应至少配备铅橡胶防护衣。 | 已配置和拟配置相应的辐射防护用品, 数量均满足要求。   |  |

续表 10 辐射安全与防护

| 续表 10-4 项目辐射防护措施与标准要求对比情况表 |                   |  |  |
|----------------------------|-------------------|--|--|
| 标准号                        | 标准要求              | 项目情况   |  |
| GBZ130-2020                | X 射线设备机房防护设施的技术要求 | 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。 | 已配置和拟配置相应的辐射防护用品，铅当量均满足要求                  |
|                            |                   | 6.5.4 应为儿童的 X 射线检查配备保护相应组织和器官的防护用品，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.5mmPb。  |  |
|                            |                   | 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。   |  |
|                            | 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。                                       | 加强工作人员管理，项目运行前对放射工作人员进行培训，并制定相应制度，按照标准规定执行 |
|                            |                   | 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。  |  |
|                            |                   | 7.8.5 移动式 C 形臂 X 射线设备垂直方向透视时，球管应位于病人身体下方；水平方向透视时，工作人员可位于影响增强器一侧，同时注意避免有用线束直接照射。                                      |  |
| GB16348-2010               | 儿童 X 射线检查的特殊要求    | 应为不同年龄儿童的不同检查配备有保护相应组织和器官的防护用品，其防护性能不小于 0.5mm 铅当量。   | 配置的数量和铅当量均满足要求                             |
| GBZ128-2019                | 剂量计的佩带            | 5.3.2 对于如介入放射学、核医学放射药物分装与注射等全身受照不均匀的工作情况，应在铅围裙外锁骨对应的领口位置佩戴剂量计。   | 医院为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。         |
|                            |                   | 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）。                  |  |

### 续表 10 辐射安全与防护

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）及《医用 X 射线诊断受检者卫生防护标准》（GB16348-2010）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。

### 三废的处理

本项目 X 射线装置在工作过程中产生的 X 射线，不产生放射性三废。

表 11 环境影响分析

### 11.1 施工期环境影响

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

### 11.2 营运期辐射环境影响分析

#### 11.2.1 射线装置机房屏蔽能力核实

##### (1) 核算公式

①根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C 的 C.1.2，给定屏蔽体厚度的透射因子 B 按以下公式核算：

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

式中：B——给定铅的屏蔽透射因子；

$\beta$ ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

$\alpha$ ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

$\gamma$ ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

X——铅厚度。

②在相同透射因子 B 的情况下，其相当于其他屏蔽材质的厚度核算按以下公式核算：

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

式中：X——铅厚度；其余同上。

③根据 DSA 工作原理及工作方式可知，DSA 的辐射场由三种射线组成：主射线、散射线、漏射线。根据 NCRP147 号报告“Examples of Shielding Calculations” 5.1 节(P72)指出，DSA 屏蔽估算时不需要考虑主束照射。根据 NCRP147 号报告第 138 页 C.2 可知，DSA 的漏射线剂量率很小（一般不大于 1mGy/h）。因此，在屏蔽防护时主要考虑非有用线束的影响，而 90°非有用线束的影响最大，因此本评价以 90°非有用线束屏蔽厚度要求作为核算依据。本项目 DSA 额定电压为 125kV，查《放射诊断放射防护要求》

**续表 11 环境影响分析**

(GBZ130-2020) 表 C.2 混凝土拟合参数，对墙体进行核算。

④因未给出管电压为 125kV 的 90°非有用线束条件下的页岩砖拟合参数，故本报告页岩砖的铅当量厚度通过混凝土的参数进行换算。根据《辐射防护导论》（方杰、李士骏）P88，页岩砖和混凝土的相当厚度可用密度进行换算，具体公式如下：

$$d_1 / d_2 = \rho_2 / \rho_1 \quad (\text{公式 11-3})$$

式中：d<sub>1</sub>、d<sub>2</sub>—屏蔽材料 1 和屏蔽材料 2 的厚度，

ρ<sub>1</sub>、ρ<sub>2</sub>—屏蔽材料 1 和屏蔽材料 2 的密度。

**(2) 核算结果**

根据医院提供的屏蔽防护方案及设备最大参数，其介入手术室屏蔽体的铅当量核算结果见表 11-1。

**表 11-1 射线装置机房屏蔽厚度核算对比表（非有用线束）**

| 机房名称                 | 屏蔽防护体 | 屏蔽防护设计                    | 折合铅当量   | 标准要求    | 评价结果 |
|----------------------|-------|---------------------------|---------|---------|------|
| 介入<br>手术室<br>(125kV) | 墙体    | 240mm 页岩砖                 | 2.3mmPb | 2.0mmPb | 满足要求 |
|                      | 顶棚/地板 | 100mm 混凝土+1.5mmPb 硫酸钡防护涂料 | 2.8mmPb |         |      |
|                      | 铅门/铅窗 | 3mmPb                     | 3mmPb   |         |      |

备注：页岩砖的密度值取 1.65t/m<sup>3</sup>，混凝土密度 2.35g/cm<sup>3</sup>。

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

**11.2.2 介入手术室屏蔽体外剂量率核算**

**(1) 核算公式**

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

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

续表 11 环境影响分析

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

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

B——屏蔽透射因子，根据式 11-1 计算得出；

F—— $R_0$  处的辐射野面积，单位为平方米（ $\text{m}^2$ ），射线装置运行时的最大照射野面积为  $400\text{cm}^2$ （ $20\text{cm}\times 20\text{cm}$ ）；

a——散射因子，入射辐射被单位面积（ $1\text{m}^2$ ）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 1m 处的每平方厘米的最大散射系数为  $7.5\times 10^{-6}$ ；100kV 射线装置 1m 处的每平方厘米的最大散射系数为  $7.2\times 10^{-6}$ 。

$R_s$ ——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。

### 核算参数

①本项目 DSA 存在透视及采集两种工况，本次评价按照透视常用工况及采集常用工况分别计算介入手术室墙体外周围剂量当量率。本项目 DSA 常用透视工况为 80~100kV/5~15mA，常用采集工况为 80~100kV/10~20mA。本项目透视工况按照常用最大 100kV、15mA 进行计算；采集工况按照常用最大 100kV、20mA 进行计算。

②医院拟配置的 DSA 在 100kV、3mmAl 过滤板情况下主射线方向 1m 处发射率为  $6.3\text{mGy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$ 。Sv/Gy 转换系数取值为 1。

③医院拟配置的 DSA 为移动式 C 形臂,但固定在介入手术室内使用。因手术床位置固定,故 DSA 的可移动范围小,考虑在介入手术室中心周围 0.5m 范围内移动。

④因未给出管电压为 100kV 的  $90^\circ$ 非有用线束条件下的页岩砖拟合参数，故本报告页岩砖的铅当量厚度通过混凝土的参数进行换算。

续表 11 环境影响分析

表 11-2 核算参数

| 设备名称 | 管电压   | 对应管电流 I                | 发射率                          | 散射面积 F             | 散射因子 $\alpha$        | 散射距离 $R_s$ |
|------|-------|------------------------|------------------------------|--------------------|----------------------|------------|
| DSA  | 100kV | 20mA                   | 6.3Gy·m <sup>2</sup> /mA·min | 400cm <sup>2</sup> | 7.2×10 <sup>-6</sup> | 0.38m      |
| 拟合参数 | 100kV | 铅 $\alpha$ : 3.067     | $\beta$ : 18.83              | $\gamma$ : 0.7726  |                      |            |
|      |       | 混凝土 $\alpha$ : 0.04228 | $\beta$ : 0.1137             | $\gamma$ : 0.4690  |                      |            |
|      |       | 砖 $\alpha$ : 0.03750   | $\beta$ : 0.08200            | $\gamma$ : 0.8920  |                      |            |

(3) 机房外周围剂量当量率核算结果

根据核算公式和表 11-2 相关参数, 透视、采集状态下介入手术室外周围剂量当量率核算结果见表 11-3 所示。

表 11-3 介入手术室屏蔽核算结果

| 墙体名称          |     | 射线类型 | 距离 R(m) | 设计厚度                         | 周围剂量当量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ ) |      | 建设厚度是否满足要求 |
|---------------|-----|------|---------|------------------------------|------------------------------|------|------------|
|               |     |      |         |                              | 透视                           | 采集   |            |
| 东面<br>(控制室等)  | 墙体  | 散射   | 3.8     | 240mm 页岩砖                    | 1.05                         | 1.40 | 是          |
|               | 观察窗 | 散射   | 3.8     | 3mmPb 铅玻璃                    | 0.49                         | 0.66 | 是          |
| 南面<br>(清洁走廊)  | 墙体  | 散射   | 3.8     | 240mm 页岩砖                    | 1.05                         | 1.40 | 是          |
|               | 防护门 | 散射   | 3.8     | 3mmPb 铅板                     | 0.49                         | 0.66 | 是          |
| 西面<br>(手术室 6) | 墙体  | 散射   | 3.8     | 240mm 页岩砖                    | 1.05                         | 1.40 | 是          |
| 北面<br>(洁净走廊)  | 墙体  | 散射   | 3.8     | 240mm 页岩砖                    | 1.05                         | 1.40 | 是          |
|               | 防护门 | 散射   | 3.8     | 3mmPb 铅板                     | 0.49                         | 0.66 | 是          |
| 顶棚<br>(创建办等)  | 顶棚  | 散射   | 3.6     | 100mm 混凝土+1.5mmPb<br>硫酸钡防护涂料 | 0.55                         | 0.73 | 是          |
| 地板<br>(导乐室等)  | 楼下  | 散射   | 2.9     | 100mm 混凝土+1.5mmPb<br>硫酸钡防护涂料 | 0.85                         | 1.13 | 是          |

备注: 设备离地高度按 1.0m 考虑。顶棚核算到楼上地面 1m 处, 楼下核算至距地面 1.7m 处。

根据计算可知, 透视条件下介入手术室屏蔽体外的周围剂量当量率小于 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ , 满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 的要求。采集条件下介入手术室屏蔽体外的周围剂量当量率小于 25 $\mu\text{Sv/h}$ 。

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- $\gamma$ 射线产生的外照射人均年有效剂量按下列公式计

续表 11 环境影响分析

算：

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

其中： $H_{Er}$ ：X 或 $\gamma$ 射线外照射周围剂量当量，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，小时（考虑居留因子 T）。

## (2) 剂量估算结果

根据医院提供的资料和工程分析，医院使用 DSA 进行介入手术治疗的工作负荷约 250 人次/年；年有效采集曝光时间约为 8.3h，透视曝光时间约为 1.7h。DSA 总年有效曝光时间约 10.0h。

### ①放射工作人员剂量估算

#### A：控制室技师有效剂量估算

本项目 DSA 透视模式下控制室最大周围剂量当量率按  $0.49\mu\text{Sv/h}$  考虑，年透视出束时间为 8.3h/a，则控制室的放射工作人员受到的年有效剂量约为  $0.004\text{mSv/a}$ ，本项目所有手术控制室的工作由 1 名技师完成，则该名放射工作人员受到的年有效剂量约  $0.004\text{mSv/a}$ 。

在采集情况下，介入手术室外控制室周围剂量当量率按  $0.66\mu\text{Sv/h}$  考虑，年采集出束时间为 1.7h/a，则控制室的放射工作人员受到的附加有效剂量约为  $0.002\text{mSv/a}$ ，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中摄影机房外人员可能受到照射的年有效剂量约束值应不大于  $0.25\text{mSv}$  的要求。

综上所述，本项目控制室的放射工作人员受到的附加有效剂量最大为  $0.004+0.002=0.006\text{mSv/a}$ ，低于本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。

#### B：手术室医护人员

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  $400\mu\text{Sv/h}$ 。医护人员均穿戴个人防护设施（考虑铅当量  $0.5\text{mm}$ ），以公式 11-1 计算其透射因子，不考虑射线与手术医护人员的距离衰减因素，不区分手术人员位置，保守核算常用电压及额定电压条件下手术医护人员受照剂量



续表 11 环境影响分析

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），核算结果如下表。

表 11-4 手术室医护人员最大手术负荷时间表

| 运行管电压 | 透射因子                  | 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 |
|-------|-----------------------|----------------|------------------|---------------|----------------|
| 100kV | $4.72 \times 10^{-2}$ | 400 $\mu$ Sv/h | 18.87 $\mu$ Sv/h | 5mSv/a        | 265.0h/a       |

本项目 DSA 总年有效开机时间约 10.0h，在常用条件下单名手术医生可承担的最大手术时间为 265.0h/a，故配置 1 组手术医护人员即可满足本项目介入手术的需求。

医院配置了 1 组手术医护人员（1 名手术医生、1 名手术护士），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 400 $\mu$ Sv/h 的基础上计算的，实际手术过程中，手术医生受到的照射剂量与铅悬挂防护屏设置位置、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。

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见表 11-6。

表 11-6 公众成员剂量估算

| 序号 | 名称                            | 方位 | 预测结果（ $\mu$ Sv/h） |      | 出束时间（h） |     | 居留因子 | 年有效剂量（mSv/a） |
|----|-------------------------------|----|-------------------|------|---------|-----|------|--------------|
|    |                               |    | 透视                | 采集   | 透视      | 采集  |      |              |
| 1  | 洁净走廊                          | 东  | 1.05              | 1.40 | 8.3     | 1.7 | 1/5  | 2.22E-03     |
| 2  | 洁净走廊                          | 南  | 1.05              | 1.40 | 8.3     | 1.7 | 1/5  | 2.93E-03     |
| 3  | 手术室 6                         | 西  | 1.05              | 1.40 | 8.3     | 1.7 | 1/2  | 4.83E-03     |
| 4  | 污物走廊                          | 北  | 1.05              | 1.40 | 8.3     | 1.7 | 1/5  | 4.12E-03     |
| 5  | 导乐室、走廊、助产士办公室、<br>无菌辅料室、无菌药品室 | 楼下 | 0.55              | 0.73 | 8.3     | 1.7 | 1    | 5.81E-03     |
| 6  | 出纳室、财务室、创建办公室                 | 楼上 | 0.85              | 1.13 | 8.3     | 1.7 | 1    | 7.06E-03     |

备注：居留因子参照 NCRP147 号报告 P31 表 4.1 取值。

续表 11 环境影响分析

根据上表核算，介入手术室外公众成员受到的年附加有效剂量最大约为  $8.98 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ ，低于医院年剂量管理目标值  $0.25 \text{mSv/a}$ ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求。

### (3) 剂量估算结论

综上所述，根据医院提供的计划手术量，在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  $5 \text{mSv/a}$ ，公众成员受到年有效剂量也满足管理目标值  $0.25 \text{mSv/a}$ ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

#### 11.2.3 环境保护目标影响分析

介入手术室的屏蔽防护能力能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求，设计屏蔽体外  $0.3 \text{m}$  处的周围剂量当量率满足国家相关标准要求。本项目环境保护目标主要受本项目 DSA 运行时产生的电离辐射（X 射线）影响。根据 X 射线衰减规律，辐射影响与距离的平方进行衰减，即距离辐射源越远，受到的影响越小。

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 | 环境保护目标名称                  | 方位  | 与介入手术室的最近水平距离 | 高差   | 预测结果 ( $\mu\text{Sv/h}$ ) |      |
|----|---------------------------|-----|---------------|------|---------------------------|------|
|    |                           |     |               |      | 透视                        | 采集   |
| 1  | 控制室、洁净走廊                  | 东   | 紧邻            | 平层   | 1.05                      | 1.40 |
|    | 麻醉苏醒室、换车间、办公室等            |     | 约 3m          | 平层   | 0.33                      | 0.44 |
| 2  | 洁净走廊                      | 南   | 紧邻            | 平层   | 1.05                      | 1.40 |
|    | 手术室                       |     | 约 2m          | 平层   | 0.45                      | 0.60 |
| 3  | 手术室 6                     | 西   | 紧邻            | 平层   | 1.05                      | 1.40 |
|    | 走廊、电梯、楼梯、医气站房等            |     | 紧邻            | 平层   | 1.05                      | 1.40 |
|    | 中国农业银行                    |     | 约 21m         | -30m | 0.01                      | 0.01 |
|    | 医院月子中心                    |     | 约 21m         | -20m | 0.01                      | 0.02 |
| 4  | 走廊                        | 北   | 紧邻            | 平层   | 1.05                      | 1.40 |
| 5  | 导乐室、走廊、助产士办公室、无菌辅料室、无菌药品室 | 正下方 | 紧邻            | 楼下   | 1.17                      | 1.56 |
| 6  | 出纳室、财务室、创建办公室             | 正上方 | 紧邻            | 楼上   | 1.80                      | 2.40 |

根据表 11-6 可知，介入手术室对周围环境保护的周围剂量当量率均不大于

**续表 11 环境影响分析**

2.5 $\mu$ Sv/h，对于介入手术室之外的房间等，若考虑各方位墙体等屏蔽作用，则本项目的辐射影响将大大减小。因此，项目所致周围 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 废气影响**

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

废气通过排风管道收集后引至医院主大楼 13F 排放，排放口位于医院用地范围内，且 50m 范围内无其他环境保护目标，少量废气排至室外经空气扩散，将很快恢复到原来的空气浓度水平，不会对公众造成危害，不会对环境带来影响。

#### **11.3.2 废水影响**

本项目工作人员洗手废水及项目用房保洁废水等进入医院废水处理站进行处理，达标后排入市政管网。医院污水处理站（废水处理站处理能力为 200m<sup>3</sup>/d）位于医院东北侧绿化带下方，接纳整个医院医疗废水。介入手术室劳动定员在医院现有工作人员调配，DSA 手术室产生少量废水依托医院废水处理站处理是可行的。

项目产生的废水能得到合理处置，不会对周围环境产生影响。

#### **11.3.3 固废影响**

项目人员生活垃圾依托医院生活垃圾收集桶收集后交环卫部门处理。

手术期间产生医疗废物存放在介入手术室内的医疗废物桶内，分类收集，手术期间产生医疗废物在手术结束后由北侧防护门离开介入手术室，然后进入废物室暂存，而在当天合适的时间由其他专业人员将医疗废物从污物间内转移至医院主大楼-2F 的医疗废物暂存间内暂存，最终有资质的单位运输处理。

医院医疗垃圾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；面积足够，能够暂存 2 天内产生的医疗垃圾；设置紫外线消毒装置消毒，设置换气扇进行通风换气。因

## 续表 11 环境影响分析

此，本项目产生医疗垃圾及时运送至医疗垃圾暂存间，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，不能达到原有使用功能后成为报废铅防护用品，按有关规定，由医院收集、暂存后妥善处置，并做好相应记录。

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，该 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）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

本项目主要使用 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“十三 5、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”，本项目属于上述“数字化医学影像设备的应用”，属于鼓励类。

综上，本项目 DSA 的使用符合国家的产业政策。

续表 11 环境影响分析

### 11.6 工作场所选址合理性

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。

本项目主要使用 DSA 从事介入手术工作，DSA 运行过程中产生电离辐射影响，其选址于医院住大楼 12F 手术区，本项目用房原为手术室 5、苏醒室(部分)，本项目占用手术室 5、苏醒室后，手术室 5 的手术转移至其他手术室开展，麻醉室更改为麻醉苏醒室，兼顾苏醒室功能，不影响医院的整体布局；另外，项目出入口远离公众聚集区域，介入手术室周围一般公众成员较少，医院考虑了保守的防护方案，对周围环境影响甚微。

因此，从辐射环境保护角度分析，项目选址可行。

### 11.7 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、底板、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，本项目 DSA 出现最不利运行参数即电压 125kV、电流 94mA，造成介入手术室外公众成员的误照射。

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

③未合理安排介入医生工作量，长期由一名医生开展手术，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

##### ①介入手术室外人员误照射

根据核算，在极端情况下，本项目 DSA 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 94mA。本项目 DSA 在最大运行参数条件下运行，单台手术

续表 11 环境影响分析

时间内手术室外最大剂量估算情况见表 11-10，核算过程见支撑性材料。

表 11-10 手术室外误照射人员所受辐射剂量估算表

| 屏蔽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              |            |             |             |
| 介入手术室正下方      | 60.44 $\mu$ Sv/h（透视） | 约 2min     | 2.01E-03mSv | 2.42E-03mSv |
|               | 60.44 $\mu$ Sv/h（采集） | 约 0.4min   | 4.03E-04mSv |             |

根据核算可知，在极端风险条件下，本项目介入手术室外人员受到的年有效剂量不足 0.003mSv。

②介入手术室内人员误照射

因各种原因导致 X 射线装置在运行过程中人员滞留机房内发生误照射辐射事故，根据本项目 DSA 采集的正常运行参数下（100kV，20mA），考虑人员受到照射的位置距离 X 射线装置靶点约 1m，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 11-11。

表 11-11 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 | 6.3mGy·m <sup>2</sup> /mA min | 1min | 2.51mGy |

③放射工作人员误照射

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

续表 11 环境影响分析

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，本项目介入手术室在极端条件下运行时，导致手术室墙体最大周围剂量当量率超过  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；在采集最大运行参数条件下运行时，导致手术室墙体最大周围剂量当量率超过  $25\mu\text{Sv/h}$ 。本项目介入手术室在最大常用透视工作条件下运行时，单台手术时间内导致手术室外公众成员的有效剂量较小尚不足以造成一般辐射事故；本项目 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撤离介入手术室时应清点人数，放射工作人员对介入手术室按搜寻程序进行查找，确认没有无关人员停留在介入手术室后才开始操作。此外，在设备上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。因此，在介入手术室内应设置此按钮醒目的指示和说明，便于在紧急情况下使用。

②加强医院管理，设备间日常上锁，介入手术室病人通道防护门为脚踏式内开门；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。在操作间采集时，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。

**续表 11 环境影响分析**

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及人员

#### 12.1.1 辐射安全与环境保护管理机构

按照《电离辐射防护与辐射安全基本标准》关于“营运管理”的要求，为确保辐射防护可靠性，维护辐射工作人员和周围公众的权益，履行放射防护职责，尽可能的避免事故的发生，医院应培植和保持良好的安全文化素养，减少因人为因素导致人员意外照射事故的发生。

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。

医院目前正在使用 III 类射线装置，成立了以董兰为主任的辐射安全与环保管理领导小组，符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求。

本项目开展后，应将相应的辐射管理纳入辐射安全与环保管理领导小组。

#### 12.1.2 放射工作人员配置

本项目劳动定员 3 人，均为内部调配人员，配置人员主要包括医师、护师、技师。

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十五条的规定：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。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。

### 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：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

## 续表 12 辐射安全管理

员培训计划、监测方案等。

目前, 医院已制定《放射工作人员学习培训制度》、《放射科管理制度》、《个人剂量管理制度》、《介入手术室工作制度》、《放射科工作人员防护操作规程》、《放射诊疗质量保证方案》、《辐射安全防护方案》、《放射科普通 x 线检查通知》、《放射诊疗放射事故应急预案》、《放射诊疗工作人员职责》、《介入室患者心跳骤停的应急预案》、《放射工作人员健康管理制度》、《放射诊疗管理档案制度》等制度。

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, 具有一定的可操作性。但《放射工作人员学习培训制度》中无辐射安全与防护培训的相关要求, 医院应根据相关管理要求, 完善人员培训计划。另医院需补充介入手术相关管理制度, 如 DSA 设备保养制度、DSA 操作规程等。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。

### 12.2.2 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。

医院按照相关要求, 建立了放射工作人员个人剂量档案, 包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料, 并且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超过 2 年。

本项目运营前, 医院应认真落实相关制度和规定, 新增放射工作人员进行职业健康体检、配置个人剂量计、参加辐射安全与防护培训并取得合格证, 将健康体检报告、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

## 续表 12 辐射安全管理

档案资料整理后分类管理。

### 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，医院今后还应制定并落实年度评估制度，继续于每年 1 月 31 日前均向原发证机关提交年度评估报告。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。

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

建设单位应建立安全管理体系，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建设单位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建设单位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。

### 12.4 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）、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（第七条）的相关规定，医院从事的辐射活动能力评价如表 12-1。

续表 12 辐射安全管理

| <b>表 12-1 从事辐射活动能力评价</b>  |   |
|---|---|
| 应具备条件   | 落实情况  |
| 使用 I 类、II 类、III 类放射源，使用 I 类、II 类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；其他辐射工作单位应当有 1 名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作。 | 已成立辐射安全与环保管理领导小组，负责医院的辐射安全与环境保护管理工作。                        |
| 从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。  | 已制定培训计划，若新增放射工作人员，则在上岗前取得培训合格证，待落实后方可开展辐射工作。                |
| 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。  | 购买的 DSA 自带急停按钮，同时本项目设置有门灯联锁装置，工作状态指示灯，门口显眼位置设置电离辐射警示标识和警示语。 |
| 配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。使用非密封放射性物质的单位还应当有表面污染监测仪。  | 已配备个人剂量计、铅橡胶衣服、铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、铅橡胶帽子，拟配置介入防护手套。           |
| 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  | 医院将完善现有管理制度已张贴上墙。   |
| 有完善的辐射事故应急措施。   | 已制定辐射事故应急预案,但无相关部分的应急联系方式。                                  |

根据上表可知，医院已建立有相应的管理体系，因此本项目的管理工作依托现有的管理体系，已具备了一定的能力，但医院还应针对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》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机房和放射源机房、非密封放射性物质场所进行监测，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，满足相关要求。

本项目建成后，医院也应按照现有监测计划执行，定期对介入手术室周围人员和环

**续表 12 辐射安全管理**

境进行监测，做好监测记录，存档备查。辐射监测内容包括：

**(1) 个人剂量监测**

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

监测频率：3 个月测读一次个人剂量计；如发现异常可加密监测频率。

**(2) 工作场所环境监测**

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

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

监测项目：周围剂量当量率；

监测点位：机房四周墙体、门、窗外 30cm 处；顶棚上方（楼上）距离顶棚地面 100cm，机房地面下方（楼下）距楼下地面 170cm 等关注点位，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》及《重庆市环境保护局关于印发《重庆市放射性同位素与射线装置辐射安全许可管理规定》的通知》（渝环〔2017〕242 号）要求，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预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。

医院制定了《辐射事故应急预案》，具体内容包括应急处理原则、应急预案措施、应急报告电话。医院应根据辐射源项不断完善应急预案，定期进行辐射事故应急演练，并做好演练记录。

## 续表 12 辐射安全管理

### (1) 事故报告程序

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

医院 24h 电话：023-41422361

重庆市辐射环境监督管理站值班电话：15998951300

环境保护举报热线电话：12369

璧山区生态环境局：（023）41423413

重庆市卫生健康委员会：（023）67706707

璧山区卫生健康委员会：（023）41421231

### (2) 辐射事故应急措施

事故发生后，除了上述工作外，还应加强管理，完成以下几项工作：

①确定现场的辐射强度及影响范围，划出禁入控制范围，防止外照射的危害。

②现场处置任务的工作人员应佩带防护用具及个人剂量计。

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

④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，必须采取措施防止类似事故再次发生。

⑤医院后续还应进行辐射事故应急演练，并做好记录，加强相关人员的辐射应急处置能力，减少辐射事故扩大影响的几率。

## 12.7 竣工验收

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

续表 12 辐射安全管理

| 表 12-2 本项目环保设施竣工验收要求一览表 |              |   |  |
|-------------------------|--------------|---|--|
| 序号                      | 验收内容         | 本项目验收要求   | 备注   |
| 1                       | 环保文件         | 环评报告、环评批复、验收监测报告等齐全   | /  |
| 2                       | 剂量控制         | 放射工作人员年有效剂量<5mSv<br>机房外公众成员年有效剂量<0.25mSv<br>摄影机房外人员可能受到照射的年有效剂量约束值应不大于0.25mSv   | GB18871-2002<br>GBZ130-2020<br>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<br>第 3 号、第 18<br>号、生态环境部<br>7 号令、公告<br>2019 年第 57 号 |
| 4                       | 剂量率控制        | 介入手术室四周墙体外 30cm 处、楼上距顶棚地面 100cm 处、楼下距楼下地面 170cm 处、防护门外 30cm 处、观察窗外 30cm 处、其他穿墙管线、门缝等搭接薄弱位置（排风管穿墙管线下<br>方，离地 1.7m 处巡测），在透视条件下检测时，周围剂量当<br>量率不大于 2.5μSv/h。在摄影条件下检测时，周围剂量率应不<br>大于 25μSv/h, 当超过时应进行机房外人员的年有效剂量评估，<br>应不大于 0.25mSv。   | GBZ130-2020  |
| 5                       | 建设内容         | 1 台 DSA（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<br>按表 10-3 执行，具体为：铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手<br>套若干；铅悬挂防护屏、铅防护帘、床侧防护帘、床侧防护屏各 3 套；铅橡<br>胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套各 3 套。  |  |
| 7                       | 辐射安全<br>防护措施 | ①介入手术室防护门设置门灯连锁系统，防护门外上方设置醒目的工作状态指<br>示灯，灯箱上设置“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句，在防护门关闭时，<br>指示灯亮，警示无关人员远离该区域。<br>②介入手术室各防护门外均设置电离辐射警告标志，提醒周围人员尽量远离该<br>区域，同时在医护出入口旁设置放射防护注意事项告知栏。<br>③制度上墙（操作规程、人员岗位职责、应急程序等）。<br>④介入手术室设置机械通风系统，保持良好通风，介入手术室内不得堆放无关<br>杂物。<br>⑤设备上自带急停开关；控制台设置急停开关；控制室与介入手术室设对讲装<br>置；防护用品与辅助防护设施齐全。<br>⑥介入手术室四周墙体、顶棚、防护门、观察窗有足够的屏蔽防护能力，穿墙<br>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、<br>人员培训计划、监测方案、年度评估制度等。   |  |

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。

**表 13 结论及建议**

**13.1 项目概况**

重庆市璧山区妇幼保健院为更好地满足患者多层次、多方位、高质量和快捷便利的就诊需求，医院拟在重庆市璧山区妇幼保健院主大楼 12F 实施“重庆市璧山区妇幼保健院妇女儿童健康服务能力提升工程（DSA 部分）”。介入手术室布置在医院主大楼 12F 原手术室 5，配置 1 台 DSA（II 类射线装置），用于开展腹主动脉球囊阻断术。项目总投资约 800 万元，环保投资约 40 万元。

**13.2 实践正当性**

医院射线装置的配置和使用，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）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**

根据《产业结构调整指导目录》（2019 年本），介入手术室利用血管造影用 X 射线装置开展介入手术，属于第一类 鼓励类中“数字化医学影像设备的应用”。因此，本项目符合相关产业政策。

**13.4 辐射环境现状**

根据监测统计结果可知，本项目所在地的地表 $\gamma$ 辐射剂量率监测值在 62nGy/h~68nGy/h 之间（未扣除宇宙射线响应值）。根据《2019 年全国辐射环境质量报告》（中华人民共和国生态环境部），重庆市多个点位的 2019 年环境地表 $\gamma$ 辐射剂量率监测值范围在 64.8~188.8nGy/h 之间。两者相比，项目所在地的环境地表 $\gamma$ 辐射剂量率无明显差异。

**13.5 选址合理性及布局合理性**

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。本项目主要使用 DSA 从事介入手术工作，DSA 运行过程中产生电离辐射影响，其选址于医院住大楼 12F 手术区，本项目用房原为手术室 5、苏醒室，本项目占用手术室 5、苏醒室后，手术室 5 的手术转移至其他手术室开展，麻醉室更改为麻醉苏醒室，兼顾苏醒室功能，不影响医院的整体布局；另外，项目出入口远离公众聚集区域，介入手术室周围一般公众成员较少，医院考虑了保守的防护方案，对周围环境影响甚微。因此，从辐射环境保



## 续表 13 结论及建议

护角度分析，项目选址可行。

介入手术用房设置在医院主大楼 12F，医院主大楼 12F 整层均属于手术区，活动人员少。同时介入手术用房位于医院主大楼 12F 北侧，处于手术室集中区的一端，与大部分手术室有一定的距离，相对独立，利于辐射防护与管理。此外，项目用房属于独立的手术间，手术室无直接与外环境相通的门，有利于空气消毒等，能满足手术室病感规范要求。介入手术室设置有 2 个防护门，分别供患者、手术与人员进出以及污物运出，各通道分开，互不交叉。介入手术室布置了 1 个观察窗，放射工作人员能在控制室内很好的观察机房内情况。综上所述，从辐射环境保护角度分析，项目布局合理。

### 13.6 辐射防护与安全措施结论

#### ①辐射工作场所分区管理

重庆市璧山区妇幼保健院根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求，将介入手术室辐射工作场所划分为控制区和监督区，实行辐射安全分区管理，并采取相应的防护安全措施。

重庆市璧山区妇幼保健院将介入手术室内部设置为控制区；将控制室、手术室 5、洁净走廊、污物走廊、楼上出纳室、财务室、创建办公室、楼下导乐室、走廊、助产士办公室、无菌辅料室、无菌药品室等相邻房间和可能存在 X 射线辐射的区域等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

本项目介入手术室有效使用面积为 39.2m<sup>2</sup>，最小单边长度为 6.2m，符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中单管头射线装置有效使用面积和最小单边长度的要求。

本项目 DSA 有单独机房（介入手术室），介入手术室墙体屏蔽厚度均为 240mm 页岩砖，顶棚和地板屏蔽厚度均为 100mm 混凝土+1.5mmPb 硫酸钡防护涂料，铅防护门和铅玻璃观察窗厚度均为 3mmPb。根据后文核算，本项目介入手术室的四周墙体、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。

### 续表 13 结论及建议

#### ③安全联锁装置及其他措施

本项目介入手术室防护铅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“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。本项目介入手术室防护门外拟设置电离辐射警告标志，提醒周围人员尽量远离该区域，同时拟在医患出入口旁设置放射防护注意事项告知栏。

项目使用具有多种固有安全防护措施并符合相关标准要求的 DSA 设备，DSA 配置 1 套铅悬挂防护屏、铅防护帘、床侧防护帘屏等辅助防护设施；按有关标准要求配备手术工作人员和患者个人防护用品；介入手术室依托原有新风系统确保室内良好通风。

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）的相关要求。

#### 13.7 环境影响分析

本项目介入手术室屏蔽体外 30cm 处的周围剂量当量率低于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，满足评价标准限值要求。放射工作人员、公众成员的年附加有效剂量均满足本环评的剂量管理限值的要求（工放射作人员  $5\text{mSv/a}$ ，公众成员  $0.25\text{mSv/a}$ ），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。项目运行后，对周围环境保护目标的影响有限，能为环境所接受。

#### 13.8 辐射环境管理

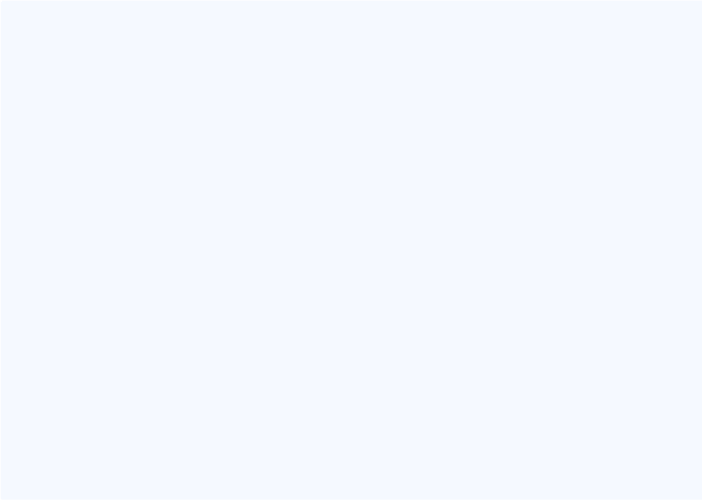
医院成立了辐射安全管理委员会，各项规章制度、操作规程、应急处理措施健全、具有可操作性，但仍应加强日常应急响应的准备工作及应急演练。医院应严格执行各项规章制度执行，放射工作人员在工作时必须佩戴个人剂量计，定期进行检查并安排健康体检。医院还应在今后的工作中，不断完善相关管理制度，加强管理，杜绝辐射事故的发生。

综上所述，重庆市璧山区妇幼保健院妇女儿童健康服务能力提升工程（DSA 部分）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。在项目运行中，只要严格落实各项污染防治措施和环境保护措施，按照有关法规和安全操作的要求进行，不会对公众造成影响。因此，从环境保护的角度来看，该项目的建设是可行的。

## 附录

### 附图

#### 附图一 项目地理位置图





附图一 拟建项目地理位置示意图