

核技术利用建设项目

成都市妇女儿童中心医院

新建 DSA-CT 复合手术室项目

环境影响报告表

(公示本)

成都市妇女儿童中心医院 (公章)

2025 年 8 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

成都市妇女儿童中心医院

新建 DSA-CT 复合手术室项目

环境影响报告表

建设单位名称： 成都市妇女儿童中心医院

建设单位法人代表（签字或盖章）： \_\_\_\_\_

通讯地址： 成都市青羊区日月大道一段 1617 号

邮政编码： \_\_\_\_\_ 联系人： \_\_\_\_\_

电子邮箱： \_\_\_\_\_ 联系电话： \_\_\_\_\_

## 目录

表 1 项目基本情况 .....	1
表 2 放射源 .....	16
表 3 非密封放射性物质 .....	16
表 4 射线装置 .....	17
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物） .....	18
表 6 评价依据 .....	19
表 7 保护目标与评价标准 .....	22
表 8 环境质量和辐射现状 .....	26
表 9 项目工程分析与源项 .....	32
表 10 辐射安全与防护 .....	46
表 11 环境影响分析 .....	60
表 12 辐射安全管理 .....	84
表 13 结论与建议 .....	90

**附图：**

附图 1 本项目地理位置图

附图 2 本项目周围概况示意图

附图 3 本项目拟建址对应楼下（1 楼）平面布局图

附图 4 本项目 DSA-CT 复合手术室拟建址所在楼层（2 楼）平面布局图

附图 5 本项目拟建址对应楼上（设备夹层）平面布局图

附图 6 本项目防护平面示意图

附图 7 本项目防护剖面示意图

附图 8 本项目 DSA-CT 复合手术室及 CT 诊断区排风示意图

附图 9 本项目 DSA-CT 复合手术室及 CT 诊断区新风示意图

**附件：**

附件 1 委托书

附件 2 射线装置使用情况承诺书

附件 3 事业单位法人证书

附件 4 辐射安全许可证

附件 5 建设规划许可证

附件 6 成都市青羊生态环境局《关于成都市妇女儿童中心医院科技综合楼项目环境影响报告表审查的批复》

附件 7 本项目本底监测报告

附件 8 辐射工作人员个人剂量监测及考核合格证明一览表

附件 9 本项目 DSA-CT 复合手术室屏蔽说明

附件 10 成都市妇女儿童中心医院放射诊疗质量管理委员会

表 1 项目基本情况

建设项目名称		成都市妇女儿童中心医院新建 DSA-CT 复合手术室项目			
建设单位		成都市妇女儿童中心医院			
法人代表		联系人		联系电话	
注册地址		成都市青羊区日月大道一段 1617 号			
建设项目地点		成都市青羊区日月大道一段 1617 号成都市妇女儿童中心医院科技综合楼 2 楼 DSA-CT 复合手术室			
立项审批部门		/	批准文号	/	
建设项目总投资 (万元)		项目环保投 资(万元)		投资比例(环保 投资/总投资)	
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		占地面积 (m <sup>2</sup> )	326.32
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 checked="" type="checkbox"/> III类		
	其他	/			
	<b>1. 项目概述:</b>				
<b>1.1 建设单位基本情况</b>					
<p>成都市妇女儿童中心医（成都市妇幼保健院、成都市妇产科医院、成都市儿童医院、电子科技大学医学院附属妇女儿童医院）（以下简称“成都市妇女儿童医院”）是由一所集医疗、保健、科研、教学为一体的、专科设置齐备的国家三级甲等妇女儿童医疗保健机构，承担全域成都妇女儿童医疗保健的核心职能。医院建筑面积</p>					

221459m<sup>2</sup>，编制床位 1840 张。年均诊疗 280 万人次，年均分娩量 1.6 万人，年均住院手术 4 万余台次，年均出院 10 万余人次，是国家级母婴安全优质服务单位，四川省和成都市危重孕产妇和新生儿救治中心，电子科技大学医学院附属医院，重庆医科大学教学医院。

医院已形成覆盖生殖、妊娠、分娩、新生儿、儿童生长发育、妇女保健的学科专科集群，建立了医疗、保健、科研、教学四位一体全生命周期的产业链条，位列国家卫健委三级公立医院绩效考核妇幼专科医院第一方阵。妇产科学、儿科学在四川省医学重点学科（专科）科技影响力评价中获综合排名第二，医院妇产科、儿科在四川省三级医院服务能力和质量得分稳居全省第二，全国 GCP 机构药物临床试验量值妇幼医院排行榜首位。妇产科、儿科疾病的诊治规模、技术水平等居西南地区前列。

成都市妇女儿童中心医院本部位于成都市青羊区日月大道一段 1617 号，下设三个分院区，实业街院区（成都市青羊区实业街 32 号）、太升路院区（成都市青羊区太升南路 137 号）、东城根院区（成都市青羊区东城根下街 24 号）。本项目所在的院本部包含 7 栋功能建筑，分别是 1 栋儿科大楼（已建成，地上 12F，地下 2F，H=53.75m）、1 栋门急诊综合楼（已建成，地上 3F，地下 2F，H=16.90m）、1 栋住院大楼（已建成，地上 12F，地下 2F，H=52.50m）、1 栋多功能厅（已建成，地上 1F，无地下建筑，H=7.00m）、1 栋行政楼（已建成，地上 6F，无地下建筑，H=23.90m）、1 栋科技综合楼（**本项目所在建筑，正在建设中**，地上 14F，地下 3F，H=68.39m）、1 栋磁共振室（已建成，地上 1F，无地下建筑，H=6.15m）。

成都市妇女儿童中心医院统一社会信用代码为 125101005800279116，事业单位法人证书见附件 3。现已开展核技术利用项目，且已取得辐射安全许可证，编号为“川环辐证[00365]”，种类和范围为“使用 II 类、III 类射线装置”，有效期至：2026 年 12 月 18 日。辐射安全许可证正副本复印件见附件 4。

## 1.2 项目由来

DSA-CT 复合手术室通过整合影像学检查、介入治疗与外科手术，实现“术中诊疗一体化”，使原本需要分期或跨学科完成的复杂手术（如心脏、神经、血管疾病治疗）能在同一手术室完成，减少患者多次转移和重复麻醉的风险。在 DSA-CT 复合手术室内，外科医生与介入医生可同步操作，避免患者因转科或多次手术带来的生理应激反应，同时降低因多次手术导致的感染风险。CT 提供三维解剖细节，DSA 提供实

时动态导航，在介入手术中，这种组合能解决传统 DSA 的二维视角局限，这个特点是普通介入手术室做不到的。DSA-CT 复合手术精准导航反而减少总体曝光量，较大的减小了患者受到的剂量。DSA-CT 复合手术室通过整合内外科治疗优势，促进多学科协作提升诊疗方案的个性化、精准度和安全性。

因此，成都市妇女儿童中心医院为更好地为患者的提供医疗服务，在院本部修建 1 栋科技综合楼，科技综合楼设计初期在 2 楼设计有 1 间 DSA-CT 复合手术室（现已随大楼修好楼板、地面），医院拟在 DSA-CT 复合手术室内安装使用一台 DSA（厂家型号：西门子 ARTIS pheno Master，最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA），并配套使用一台 CT（厂家型号：西门子 SOMATOM Confidence，最大管电压 140kV，最大管电流 800mA，使用时 CT 可通过滑轨进入 DSA-CT 复合手术室内，不使用时 CT 位于 CT 诊断区）。

根据《射线装置分类》（原环境保护部公告 2017 年第 66 号），本项目拟使用的数字减影血管造影机（DSA）为 II 类射线装置，根据《中华人民共和国环境保护法》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《中华人民共和国环境影响评价法》和《中华人民共和国放射性污染防治法》等相关法律法规要求，医院须对该项目进行环境影响评价。同时根据中华人民共和国生态环境部 16 号令《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，本项目涉及使用“II 类射线装置”，应编制环境影响报告表。

受成都市妇女儿童中心医院委托，江苏睿源环境科技有限公司承担该项目的环境影响评价工作。我公司通过资料调研、现场查勘、现场监测（委托四川省瑜仁嘉卫生技术服务有限公司进行）、评价分析，编制该项目环境影响报告表。委托书见附件 1，射线装置使用承诺书见附件 2。

### 1.3 项目概况

#### 1.3.1 项目名称、性质、建设地点

- （1）项目名称：成都市妇女儿童中心医院新建 DSA-CT 复合手术室项目
- （2）建设单位：成都市妇女儿童中心医院
- （3）建设性质：新建
- （4）建设地点：成都市青羊区日月大道一段 1617 号成都市妇女儿童中心医院科技综合楼 2 楼 DSA-CT 复合手术室

项目地理位置见附图 1。

### 1.3.2 项目建设内容与建设规模

本项目位于成都市青羊区日月大道一段 1617 号成都市妇女儿童中心医院科技综合楼 2 楼 DSA-CT 复合手术室。建设单位拟在 DSA-CT 复合手术室内安装使用一台数字减影血管造影机（DSA：II 类射线装置，厂家型号：西门子 ARTIS pheno Master，最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA，出束方向由下往上），在 CT 诊断区内安装使用一台滑轨 CT（III 类射线装置，厂家型号：西门子 SOMATOM Confidence，最大管电压 140kV，最大管电流 800mA，滑轨长 12m，CT 可通过滑轨从东侧 CT 诊断区移动至 DSA-CT 复合手术室，出束方向朝上、朝下、朝北、朝南）。本项目开展后，DSA-CT 复合手术室拟供妇科、产科、新生儿科、儿科开展相关介入手术，DSA-CT 复合手术室预计年总手术台数为 1000 台。DSA+CT 年出束时间总计 333.34h。

本项目 DSA-CT 复合手术室有效使用面积为 59.84m<sup>2</sup>（最小单边长为 6.80m，净高 4.95m，吊顶高 3.00m），CT 诊断区有效使用面积为 51.00m<sup>2</sup>（最小单边长为 6.80m，净高 4.95m，吊顶高 3.00m）；其配套功能用房主要为：DSA 辅助用房（有效使用面积：7.60m<sup>2</sup>）、CT 设备间（有效使用面积：6.40m<sup>2</sup>）、CT 停车间（有效使用面积：18.00m<sup>2</sup>）、控制连廊（DSA-CT 复合手术室和 CT 诊断区共用，有效使用面积：133.52m<sup>2</sup>）。

DSA-CT 复合手术室蔽防护条件为：四周墙体为 4mmPb 铅板，顶板为 120mm 混凝土楼板+4mmPb 铅板，地面为 120mm 混凝土楼板+50mm 硫酸钡水泥，拟设置 5 扇防护门：医护通道平开防护门（宽 1000mm×高 2200mm）、患者通道电动推拉防护门（宽 1500mm×高 2200mm）、MR 检查室电动推拉防护门（宽 1500mm×高 2200mm）、CT 停车间电动推拉防护门（宽 3100mm×高 2200mm）、污物通道防护门（宽 1000mm×高 2200mm），5 扇防护门均内衬 4mmPb 铅板；设置 1 扇 20mm 厚铅玻璃观察窗（长 2000mm×宽 800mm），等效 4mmPb。

CT 诊断区四周墙体为 4mmPb 铅板，顶板为 120mm 混凝土楼板+4mmPb 铅板，地面为 120mm 混凝土楼板+4mmPb 铅板，设置 4 扇防护门：医护通道平开防护门（宽 1000mm×高 2200mm）、患者通道电动推拉防护门（宽 1500mm×高 2200mm）、CT 停车间电动推拉防护门（宽 3100mm×高 2200mm）、污物通道防护门（宽 1000mm×高 2200mm），4 扇防护门均内衬 4mmPb 铅板。

本项目通排风系统在 DSA-CT 复合手术室和 CT 诊断区顶部预留管道穿墙口，通排风管道从顶部直穿楼板后到达设备夹层，电缆线在 DSA-CT 复合手术室和 CT 诊断区地面预留管道穿墙口，电缆管道从地面直穿后，采用下层天花电缆桥架。此外，为防止射线泄漏，在通排风管道和电缆管道穿墙口处采用 4mmPb 铅板进行包裹，通过该屏蔽补偿后可防止射线泄漏。

表 1-1 本项目屏蔽材料及厚度一览表

场所	屏蔽方位	有效屏蔽材料及厚度
DSA-CT 复合手术室	四周墙体	4mmPb 铅板
	顶部	120mm 混凝土楼板+4mmPb 铅板
	地面	120mm 混凝土楼板+50mm 硫酸钡水泥
	观察窗（1 扇）	20mm 厚铅玻璃观察窗
	防护门（5 扇）	4mmPb 铅板
CT 诊断区	四周墙体	4mmPb 铅板
	顶部	120mm 混凝土楼板+4mmPb 铅板
	地面	120mm 混凝土楼板+4mmPb 铅板
	观察窗（1 扇）	20mm 厚铅玻璃观察窗
	防护门（4 扇）	4mmPb 铅板

### 1.3.3 项目组成及主要环境影响

项目组成及主要环境影响见表 1-2。

表 1-2 项目组成及主要的环境影响一览表

名称	建设内容及规模	可能产生的环境影响	
		施工期	运营期
主体工程	<p>建设单位拟在 DSA-CT 复合手术室内安装使用一台数字减影血管造影机（DSA：II类射线装置，厂家型号：西门子 ARTIS pheno Master，最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA，出束方向由下往上），在 CT 诊断区内安装使用一台滑轨 CT（III类射线装置，厂家型号：西门子 SOMATOM Confidence，最大管电压 140kV，最大管电流 800mA，滑轨长 12m，CT 可通过滑轨移动至 DSA-CT 复合手术室）。</p> <p>DSA-CT 复合手术室防护条件为：四周墙体为 4mmPb 铅板，顶板为 120mm 混凝土楼板+4mmPb 铅板，地面为 120mm 混凝土楼板+50mm 硫酸钡水泥，设置 5 扇防护门：医护通道平开防护门、患者通道电动推拉防护门、MR 检查室电动推拉防护门、CT 停车间电动推拉防护门、污物通道防护门，5 扇防护门均内衬 4mmPb 铅板；设置 1 扇 20mm 厚铅玻璃观察窗，等效 4mmPb。CT 诊断区四周墙体为 4mm 铅板，顶板为 120mm 混凝土楼板+4mmPb 铅板，地面为 120mm 混凝土楼板+4mmPb 铅板，设置 4 扇防护门：医护通道平开防护门、患者通道电动推拉防护门、CT 停车间电动推拉防护门、污物通道防护门，4 扇防护门均内衬 4mmPb 铅板。</p> <p>本项目开展后，DSA-CT 复合手术室拟供妇科、产科、新生儿科、儿科开展相关介入手术，DSA-CT 复合手术室预计年总手术台数为 1000 台。DSA+CT 年出束时间总计 333.34h。</p>	<p>主要影响为：施工废水、施工废气、施工噪声及施工固体废弃物影响；设备调试期会产生极少量的臭氧和氮氧化物、X 射线</p>	<p>X射线、臭氧及氮氧化物、噪声、医疗废物</p>

辅助工程	DSA 辅助用房（有效使用面积：7.60m <sup>2</sup> ）、CT 设备间（有效使用面积：6.40m <sup>2</sup> ）、CT 停车间（有效使用面积：18.00m <sup>2</sup> ）、控制连廊（DSA-CT 复合手术室和 CT 诊断区共用，有效使用面积：133.52m <sup>2</sup> ）		生活垃圾、生活污水
公用工程	给排水、配电、供电和通讯系统等依托科技综合楼拟建的公辅工程。		/
办公及生活设施	依托科技拟建的办公及生活设施。	施工废水、施工废气、施工噪声及施工固体废弃物影响	生活垃圾、生活污水
环保工程	本项目 DSA-CT 复合手术室和 CT 诊断区的废气处理依托本项目拟建通风系统处理；废水处理依托科技综合楼拟建的污水管道和院区拟已建的污水处理站；医疗废物依托医院院区已建的医疗固废收集系统进行处理；办公、生活垃圾依托院区已建的生活垃圾收集系统进行处理。		医疗废物、生活污水、生活垃圾

### 1.3.4 主要原辅材料

本项目主要原辅材料及能耗情况见表 1-3。

表1-3 本项目主要原辅材料及能耗情况

类别	名称	数量	来源	用途	备注
能源	电	4000kW·h/a	城市电网	手术室用电	/
水	生活用水	300m <sup>3</sup> /a	城市生活用水管网	生活用水	/
手术耗材	碘克沙醇注射液	100ml/瓶 1000瓶/a	每年供应商招标	造影剂	320mg I/ml
手术耗材	手套	100kg/a	每年供应商招标	介入手术/检查	/
手术耗材	纱布	150kg/a	每年供应商招标	介入手术/检查	/
手术耗材	药棉	100kg/a	每年供应商招标	介入手术/检查	/
手术耗材	医用器具	50kg/a	每年供应商招标	介入手术/检查	/

碘克沙醇注射液：分子式 C<sub>35</sub>H<sub>44</sub>I<sub>6</sub>N<sub>6</sub>O<sub>15</sub>，分子量 1550.20，浓度为 320mg I/ml，渗透压为 290mosm/kg·H<sub>2</sub>O（37℃），粘度为 11.4mPa·s（37℃），pH 值为 6.8-7.6。本品为无色或淡黄色的澄明液体。活性成分为碘克沙醇，辅料为氯化钙、氯化钠、氨丁三醇、依地酸钙钠，包装为中性硼硅玻璃输液瓶。残留有废弃造影剂的输液瓶将作为医疗废物处置。

### 1.3.5 主要设备配置及主要技术参数

医院拟在科技综合楼 2 楼 DSA-CT 复合手术室内安装使用一台 1 台西门子 ARTIS pheno Master 型数字减影血管造影机（DSA），在 CT 诊断区安装使用一台西门子 SOMATOM Confidence 的 CT 辅助介入手术，DSA-CT 复合手术室拟用于妇科、产科、新生儿科、儿科开展相关介入手术。根据医院提供资料，本项目 DSA-CT 复合手术室投运后每年预计最多能达到 1000 台手术，CT 配合 DSA 开展手术过程中的诊断扫描最大能达到 1000 台。本项目 CT 仅用于 DSA-CT 复合手术室，不额外开展普通患者

的诊断扫描工作。

参考《正确使用数字减影血管造影机减少介入手术中的辐射剂量》（中国医学装备，2012，June Vol.9 NO.6）可知，熟练医师单台手术/检查平均透视时间往往不超过 20min，并且建设单位开展介入诊疗工作多年，同一医师往往具备操作多种手术的能力，本项目辐射工作人员均从原从事介入放射学工作的辐射工作人员中调配。故本项目 DSA-CT 复合手术室按照手术按照 1 台手术/检查平均透视 15min，平均拍片 1min 进行考虑，则预计 DSA-CT 复合手术室 DSA 年透视时间为 250h，年拍片时间为 16.67h。

在进行介入手术的过程中，根据患者的 CT 扫描需求，用滑轨将 CT 移至 DSA-CT 复合手术室（滑轨末端，滑动过程中不出束，滑轨长 12m）或者将患者从东侧防护门转移至 CT 诊断区进行扫描工作，若介入手术过程中没有 CT 扫描需求，DSA-CT 复合手术室和 CT 诊断区之间的防护门将常闭。按照 1 台手术术前和术后各一次 CT 检查拍片 2min 进行保守考虑，则预计每年 CT 配合介入手术过程中拍片时间为 66.67h。本项目主要设备配置及主要技术参数见表 1-4。

表 1-4 本项目主要设备配置及主要技术参数

设备参数							
设备名称	厂家、型号	类别	数量	最大管电压	最大管电流	射线方向	备注
DSA	西门子 ARTIS pheno Master	II类	1 台	125kV	1000mA	由下往上	新增
CT	西门子 SOMATOM Confidence	III类	1 台	140kV	800mA	朝上、朝下、朝北、朝南	新增
DSA 常用工况							
模式	透视	管电压	60kV-90kV		管电流	6mA-20mA	
	拍片		40kV-90kV			100mA-500mA	
CT 常用工况							
模式	拍片	管电压	80kV-120kV		管电流	100mA-400mA	
单台设备出束情况							
使用场所	使用设备	使用科室	单台手术累计最长出束时间		年手术台数	年最长出束时间	
			透视	拍片		透视(h)	拍片(h)
DSA-CT 复合手术室	DSA	妇科、产科、新生儿科、儿科	15min	1min	1000 台	250	16.67
	CT		/	术前 2min, 术后 2min		/	66.67

### 1.3.6 工作人员及工作制度

建设单位拟为本项目调配 32 名辐射工作人员，其中 DSA-CT 复合手术室包含 20 名医师、10 名护师、1 名技师，诊断区 1 名技师。日常手术的人员配置一般为 2 名医师、1 名护师和 2 名技师（DSA-CT 复合手术室和 CT 诊断区各一名）。本项目拟配备的医生、护师、技师除操作本项目射线装置外，可能兼职其他核技术利用相关岗位，因此后续将对上述人员考虑剂量叠加影响。考虑本项目辐射工作人员工作负荷，医生、护师在受照时间的基础上保守估计 20% 余量。结合表 1-4，本项目 DSA-CT 复合手术室辐射工作人员工作负荷情况一览表见表 1-5。

表 1-5 本项目辐射工作人员年工作负荷情况一览表

DSA-CT 复合手术室							
使用射线装置	岗位	数量 (名)	单人年手术台数 (台)	单人年透视时间 (h)	取 20% 时间余量 (h)	单人年拍片时间 (h)	取 20% 时间余量 (h)
DSA/CT	医师	20	100	25	30	8.34	10
	护师	10	100	25	30	8.34	10
	技师	1	1000	250	/	83.34	/
CT 诊断区							
使用射线装置	岗位	数量 (名)	单人最大年扫描台数(台)	年拍片时间 (h)			
CT	技师	1	1000 台	66.67			

注：①拍片过程中医护人员退到控制室内；

②考虑滑轨 CT 的可移动性，在计算时间时，对于 DSA-CT 复合手术室，保守按照全部手术的 CT 扫描均位于 DSA-CT 复合手术室内，故拍片时间包含 DSA 术中拍片时间和 CT 拍片时间，分别为：医师和护师  $1.67+6.67=8.34\text{h}$ ，技师  $16.67+66.67=83.34\text{h}$ ；对于 CT 诊断区，保守按照全部手术的 CT 扫描均位于 CT 诊断区，故年拍片时间为 66.67h。

本项目拟配 32 名辐射工作人员原均从医院上述科室中原从事介入放射学的工作人员中调取，建设单位已为每人建立职业健康档案以及个人剂量监测档案。建设单位承诺，后续若为本项目新增辐射工作人员，在上岗前为其建立职业健康档案以及个人剂量监测档案，安排其自主在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规，报考与其所从事工作对应专业的全国核技术利用辐射安全与防护考核，必须通过考核后方能正式进行上岗作业。

### 1.3.7 产业政策符合性

根据国家发展和改革委员会令第 7 号《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，

本项目属于鼓励类第三十七项“卫生健康”第1条“医疗服务设施建设”，符合国家产业发展政策。

## 1.4 项目选址、外环境关系、实践正当性分析

### 1.4.1 外环境关系分析

#### 医院外环境关系分析

成都市妇女儿童中心医院位于成都市青羊区日月大道一段1617号，医院东侧为万和中心3号楼、4号楼和成都光华智慧停车场建设有限公司，南侧为光华东一路，西侧为成飞大道，北侧为日月大道。

#### 项目外环境关系分析

本项目 DSA-CT 复合手术室拟建在成都市妇女儿童中心医院科技综合楼，科技综合楼四周围被院区道路环绕，东侧为院区道路和绿化；南侧为院区道路（兼消防登高操作场地）；西侧为院区道路和绿化；北侧隔院区道路为行政楼。

本项目 DSA-CT 复合手术室拟建位置位于科技综合楼2楼，DSA-CT 复合手术室东侧为 DSA 辅助用房、CT 停车间和 CT 设备间；南侧为污物通道；西侧为 MR 检查室；北侧为控制连廊；楼上为设备夹层（摆放通排风设备及管道）；楼下为教研室、前沿技术试验分中心。CT 诊断区东侧为手术室；南侧为污物通道；西侧为 DSA 辅助用房、CT 停车间和 CT 设备间；北侧为控制连廊；楼上为设备夹层（摆放通排风设备及管道）；楼下为决策分析中心。

#### 50m范围环境关系分析

本项目 DSA-CT 复合手术室四周墙体为边界的 50m 范围东侧和南侧部分位于院区外其余部门均在院区范围内，院区内外的保护目标为成都光华智慧停车场建设有限公司、光华东一路、光华东一路旁地面停车场、院区道路及绿化、行政楼的公众。本项目距东侧成都光华智慧停车场建设有限公司最近 34m；距南侧光华东一路最近 20m；距南侧光华东一路旁地面停车场最近 41m；DSA-CT 复合手术室距北侧行政楼最近 23m；其余 50m 范围内为院区道路和绿化，南侧距离院区道路最近 5m。50m 范围内涉及科技综合楼内肿瘤科、内科、外科、手术中心、肿瘤科病房、血液科病房、实验室、各类设备用房等区域。

### 1.4.2 项目选址合理性分析

成都市妇女儿童中心医院科技综合楼已获得成都市青羊生态环境局《关于成都市

妇女儿童中心医院科技综合楼项目环境影响报告表审查的批复》（成青环审〔2023〕9号）见附件6，并且科技综合楼已获得成都市青羊区规划和自然资源局颁发的建设用地规划许可证（见附件5），本项目用地属于“医疗卫生用地”，因此本项目建设符合国土空间规划和用途管制要求。

本项目 DSA-CT 复合手术室所在院区周围被城市道路包围，交通便捷有利于医院与外界联系，且周围就医需求量大，项目周围电力、给排水等城市基础设施配套完善，能为本项目建设提供良好条件。

本项目 DSA-CT 复合手术室设置在科技综合楼 2 楼，DSA-CT 复合手术室及辅房周围设置有物理隔离，进出口设置有门禁，极大程度减小了公众误入的可能性，DSA-CT 复合手术室周围辅房及药品配套完善，满足手术需求，并且 DSA-CT 复合手术室拟建位置靠近电梯厅及楼梯，有利于病人转运，一旦发生事故，周围公众也能够很快得到疏散。在确保核技术利用项目选址地点周围保护目标尽可能少的同时，医院也将通过采取相应有效治理和屏蔽措施减少对周围的环境影响。

综上所述，成都市妇女儿童中心医院选址合理性已在相关环评报告中进行了论述，本项目为医疗设备建设项目，与院区规划相容。DSA-CT复合手术室选址时亦尽可能考虑了周围保护目标最少化。且DSA-CT复合手术室为专门的辐射工作场所，有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对周围环境影响较小，从辐射安全防护的角度分析，**本项目选址是合理的。**

#### 1.4.3 实践正当性分析

本项目的建设可以更好地满足患者就诊需求，提高对疾病的诊治能力。核技术应用项目的开展，对保障人民群众身体健康、拯救生命起了十分重要的作用，因此，该项目的实践是必要的。

医院在放射诊断和介入治疗过程中，对射线装置的使用将按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，对射线装置的安全管理将建立相应的规章制度。因此，在正确使用和管理射线装置的情况下，可以将该项目辐射产生的影响降至尽可能小。本项目产生的辐射给职业人员、公众及社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术应用实践具有正当性。**符合辐射防护“实践的正当性”原则。**

#### 1.5 与周边环境的兼容性分析

根据已经获得批复（成青环审〔2023〕9号）的《成都市妇女儿童中心医院科技

综合楼项目建设项目环境影响报告表》：医院西部已建污水处理站处理规模为 1600m<sup>3</sup>/d，项目运营后全院的污水排放量约 1305.031m<sup>3</sup>/d，本项目生活污水排放量约为 0.5m<sup>3</sup>/d，医疗废水排放量约为 0.2m<sup>3</sup>/d，不足医院已建污水处理站剩余处理量的 1%，因此不会对污水处理站工作负荷产生影响。

本项目产生的医疗废水和生物污水经管道收集后排入院区的污水处理站，然后由“格栅+调节+生物接触氧化+二沉池+次氯酸钠消毒”工艺组成处理达到《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005)表 2 中的预处理标准限值，再排入市政污水管网，再进入成都市第九净水厂进一步处理达标后排入锦江。

介入手术时产生的药棉、纱布、手套和废造影剂瓶（造影剂为碘克沙醇，分子式 C<sub>35</sub>H<sub>44</sub>I<sub>6</sub>N<sub>6</sub>O<sub>15</sub>，分子量 1550.20，浓度为 320mg I/ml，容器为输液瓶。造影剂具有一定毒性，不能被人体吸收也不能被人体分解，参考《关于在医疗机构推进生活垃圾分类管理的通知》（国卫办医发〔2017〕30 号）残留有一定造影剂的输液瓶属于《医疗废物分类目录》中的药物性废物（医疗废物），各类废物采用专门的收集容器集中收集后，先转移至科技综合楼 2 楼东部污存间（面积为 5.94m<sup>2</sup>）内暂存，一天手术结束后再转移至医院危废暂存间，定期按照医疗废物执行转移联单制度，委托当地有资质单位（成都瀚洋环保实业有限公司）定期处置。

本项目产噪设备不多（主要为通风系统），声级较小，噪声影响不大，不会改变区域声环境功能区规划。且风机等设备均位于设备房内，噪声源通过使用合理布局、使用低噪声设备、安装减震垫、建筑物隔声等措施降噪，对周围环境影响较小。

因此本项目的建设不会对周边产生新的环境污染，项目与周边环境相容，符合环境保护要求。

## 1.6 原有核技术利用情况

### 1.6.1 辐射安全许可证

医院已开展核技术利用项目，且已取得辐射安全许可证，编号为“川环辐证[00365]”，种类和范围为“使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置”，有效期至：2026年12月18日。辐射安全许可证正副本复印件见附件4。

### 1.6.2 原有射线装置情况

成都市妇女儿童中心医院获得许可使用1台Ⅱ类射线装置，18台Ⅲ类射线装置。原有核技术利用项目均已履行环保手续。

经核查建设单位《2024年度四川省核技术利用单位放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》，未发现有辐射环境遗留问题，不存在辐射安全及辐射环境保护问题。同时，经建设单位证实，医院开展放射诊断工作截至目前未发生过辐射安全事故。医院原有核技术利用情况见表1-6。

表1-6 原有核技术利用项目一览表

序号	射线装置名称、型号	数量	管电压 kV	管电流 mA	类别	工作场所名称	活动 种类	环评情况	许可 情况	备注
1	DR (VDR596i)	1	150	630	III	东城根放射科 DR 检查室	使用	已备案	已许可	/
2	DR (岛津 RADspeed D-fit)	1	150	630	III	实业街放射科 DR 检查室	使用	已备案	已许可	/
3	CT (uCT 710)	1	140	667	III	太升放射科 CT 检查室	使用	已备案	已许可	/
4	DR (uDR 780i Pro)	1	150	1000	III	太升放射科 DR 检查室	使用	已备案	已许可	/
5	数字化透视摄影 X 射线机 (LUMINOS Impulse)	1	150	800	III	太升放射科肠胃检查室	使用	已备案	已许可	/
6	移动 DR (DiagnostwDR)	1	150	500	III	中心 PICU 模拟病房	使用	已备案	已许可	/
7	C 型臂 X 射线诊断机 (Brivo OCE715)	1	110	200	III	中心儿科手术室第三手术间	使用	已备案	已许可	/
8	CT (uCT 550)	1	140	420	III	中心放舱 CT 检查室	使用	已备案	已许可	/
9	CT (Revolution CT)	1	140	740	III	中心放射科 CT 室 1	使用	已备案	已许可	/
10	CT (Definition AS)	1	120	800	III	中心放射科 CT 室 2	使用	已备案	已许可	/
11	DR (RADspeed Pro80)	1	150	800	III	中心放射科 DR 室 1	使用	已备案	已许可	/
12	DR (Definium 6000)	1	150	8000	III	中心放射科 DR	使用	已备案	已许可	/

						室 2				
13	骨密度 X 射线诊断机 (GE/DPX-NT)	1	76	30	III	中心放射科骨密度扫描室	使用	已备案	已许可	/
14	移动 DR (MUX-200D)	1	133	400	III	中心放射科模拟病房	使用	已备案	已许可	/
15	数字乳腺 X 射线摄影系统 (MAMMOMAT Inspiration Pare)	1	40	188	III	中心放射科乳腺检查室	使用	已备案	已许可	/
16	数字乳腺 X 射线摄影系统 (Senographe Pristina)	1	49	100	III	中心放射科乳腺检查室(6号门)	使用	已备案	已许可	/
17	数字化透视摄影 X 射线机 (岛津 SONIALVISIONG4)	1	150	1000	III	中心放射科肠胃检查室	使用	已备案	已许可	/
18	口腔 CBCT (Pan eXampius)	1	90	16	III	中心放射科牙片检查室	使用	已备案	已许可	/
19	DSA (ALLura Xper FD20)	1	120	1250	II	中心介入科手术室	使用	已环评	已许可	已验收

### 1.6.3 原有辐射场所环境监测

2025年度医院委托了有资质的单位对医院所有的辐射工作场所进行了辐射环境监测，根据四川泰安生科技咨询有限公司川泰（辐）检[2025]-127号监测报告可知：射线装置正常出束时医院辐射工作场所周围的辐射剂量率分别为：1、数字化透视摄影X射线机、DSA机房外剂量率最大为0.24 $\mu$ Sv/h。2、CT、乳腺摄影、口腔CBCT和全身骨密度仪机房外剂量率最大为0.58 $\mu$ Sv/h。2、DR室周围的X- $\gamma$ 辐射剂量率变化范围为11.26 $\mu$ Sv/h。满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中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 $\mu$ Sv/h；

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

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

剂量当量率应不大于 $25\mu\text{Sv/h}$ 的要求。

#### 1.6.4 原有辐射工作人员情况

成都市妇女儿童中心医院登记在册的辐射工作人员132名，其中117名辐射工作人员持有有效期内的辐射安全与防护培训考核证书，其中64名辐射工作人员从事介入放射工作。其余操作III类射线装置的辐射工作人员均已开展自主考核，自主考核结果均已存档。

建设单位对于所有入职、在职和离职人员均组织了岗前、在岗和离岗职业健康体检并建档管理，目前在岗的辐射工作人员的职业健康体检结果均合格。除杨丝钰有剂量超标的情况，其余所有辐射工作人员最新四个季度个人剂量监测结果未有超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中剂量限值情况。因非所有辐射工作人员全年参与辐射工作场所工作，且部分人员为新入职、退休、调岗或休产假，故部分人员部分季度未进行剂量监测。持证情况和个人剂量统计结果见附件8。

表1-7 建设单位原有辐射工作人员个人剂量监测结果超标一览表

姓名	工作类别	2024年个人剂量监测结果 (mSv)		2025年个人剂量监测结果 (mSv)		全年	超标原因
		三季度	四季度	一季度	二季度		
杨丝钰	2A	0.58	0.67	1.46	0.1	2.81	个人剂量计曾被打开，曾佩戴个人剂量计扶持接受放射性检查的受检者/患者

对于个人剂量超标的情况，建设单位已形成相应调查报告（见附件8）。医院在发生以上剂量超标事件后，建设单位已加强辐射工作人员安全意识，强化个人剂量计的佩戴管理以及对于辐射工作人员个人剂量计佩戴方式的培训，要求辐射工作人员的个人剂量计应严格按照规定携带，每季度送检，再出现超标情况后应及时查明原因。

#### 1.6.5 辐射安全管理情况

建设单位已根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，成立了辐射安全领导小组，制定了辐射安全管理制度，且已在各辐射场所内张贴悬挂《辐射安全管理规定》《辐射工作人员岗位职责》《辐射工作设备操作规程》和《辐射事故应急响应程序》，在公司辐射安全防护领导小组的领导下，明确各部门人员责任，按照制定的辐射安全管理规章制度严格落实，定期组织对辐射工作场所和设备进行放射防护检测、监测和检查，制度执行情况较好。

依据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，建设单位已编制《2024

年度四川省核技术利用单位放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》并上交发证机关，且已按时登录全国核技术利用辐射安全申报系统在单位信息维护界面完成了年度报告上传工作。

现医院辐射安全管理情况如下：

- (1) 现单位名称、地址，法人代表未发生改变；
- (2) 辐射安全许可证所规定的活动种类和范围未发生改变；
- (3) 辐射防护与设施运行、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、辐射应急处理措施均满足相应规定要求。
- (4) 医院自从事核技术利用项目以来，严格按照国家法律法规进行管理，没有发生过辐射安全事故。

表 2 放射源

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

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)	年最大操作量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)。

表 4 射线装置

## (一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

## (二) X 射线机：包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	数字减影血管造影机 (DSA)	II	1 台	西门子 ARTIS pheno Master	125	1000	放射诊断/介入治疗	成都市青羊区日月大道一段 1617 号 成都市妇女儿童中心医院科技综合楼 2 楼 DSA-CT 复合手术室	新增
2	滑轨 CT	III	1 台	西门子 SOMATOM Confidence	140	800	放射诊断	成都市青羊区日月大道一段 1617 号 成都市妇女儿童中心医院科技综合楼 2 楼 DSA-CT 复合手术室、CT 诊断区	新增

## (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 ( $\mu$ A)	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	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	/	不暂存	直接进入大气，常温常态常压的空气中臭氧分解半衰期为 50 分钟，可自动分解为氧气
医疗废物	固态	/	/	/	废造影剂瓶（100kg/a）、废药棉（100kg/a）、废纱布（150kg/a）、废手套（100kg/a）、废医用器具（50kg/a）	/	暂存于院区医疗废物暂存间	定期委托有资质单位进行处置
生活垃圾	固态	/	/	/	0.5t/a	/	暂存于院区生活垃圾暂存间	由院区统一收集后交由环卫部门统一清运
医疗废水	液态	/	/	/	50m <sup>3</sup> /a	/	/	依托院区已建的污水处理站处理达标后排放入市政污水管网，送成都市第九净水厂处理
生活污水	液态	/	/	/	125m <sup>3</sup> /a	/	/	依托院区已建的污水处理站处理达标后排放入市政污水管网，送成都市第九净水厂处理
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/l，固体为 mg/kg，气态为 mg/m<sup>3</sup>，年排放总量用 kg。

2.含有放射性的废弃物要注明，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

法规 文件	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 《中华人民共和国环境保护法》（2014年修订本），中华人民共和国2014年主席令第9号，自2015年1月1日起施行；</li> <li>2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018年修正本），中华人民共和国2018年主席令第24号，自2018年12月29日起施行；</li> <li>3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，中华人民共和国2003年主席令第6号，自2003年10月1日起施行；</li> <li>4) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020年修订本），中华人民共和国2020年主席令第43号，自2020年9月1日起施行；</li> <li>5) 《建设项目环境保护管理条例》（2017年修正本），中华人民共和国2017年国务院令第682号，自2017年10月1日起施行；</li> <li>6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019年修正本），中华人民共和国2019年国务院令第709号，自2019年3月2日起施行；</li> <li>7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，中华人民共和国原环境保护部2011年部令第18号公布，自2011年5月1日起施行；</li> <li>8) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，中华人民共和国生态环境部2019年部令第9号，自2019年11月1日起施行；关于发布《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》配套文件的公告，中华人民共和国生态环境部2019年公告第38号，自2019年11月1日起施行；</li> <li>9) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年修正本），中华人民共和国生态环境部2021年部令第20号修正，自2021年1月4日起施行；</li> <li>10) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》，中华人民共和国生态环境部2020年部令第16号，自2021年1月1日起施行；</li> <li>11) 《国家危险废物名录》（2025年版），中华人民共和国生态环境部2024年部令第36号，2024年11月8日通过，自2025年1月1日起施行；</li> <li>12) 《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》，中华人民共和国原国家环保总局环发（2006）145号，自2006年9月26日起施行；</li> </ol>
----------	---

	<p>13) 《射线装置分类》，中华人民共和国原环境保护部和国家卫生和计划生育委员会2017年公告第66号，自2017年12月5日起施行；</p> <p>14) 《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，中华人民共和国生态环境部公告2019年第39号，自2019年11月1日起施行；</p> <p>15) 《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》，中华人民共和国生态环境部公告2019年第57号，自2020年1月1日起施行；《关于进一步优化辐射安全考核的公告》，中华人民共和国生态环境部公告2021年第9号，自2021年3月15日起施行；</p> <p>16) 《四川省辐射污染防治条例》，四川省第十二届人民代表大会常务委员会公告第63号，自2016年6月1日实施；</p> <p>17) 《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲》川环函〔2016〕1400号，自2016年9月22日起实施；</p> <p>18) 《产业结构调整指导目录（2024年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令第七号），自2024年2月1日起实施。</p> <p>19) 《数字减影血管造影X射线装置（DSA）监督检查技术程序》（NNSA HQ3-08-JD-IP-035），2020年2月20日发布。</p>
<p><b>技术标准</b></p>	<p>1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016）；</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》（HJ 10.1-2016）；</p> <p>3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）；</p> <p>4) 《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）；</p> <p>5) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）；</p> <p>6) 《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ 104-2017）；</p> <p>7) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；</p> <p>8) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157—2021）；</p> <p>9) 《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ/T244-2017）。</p>

其他	<p><b>参考资料：</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1) 《辐射防护手册》第一，三分册，李德平、潘自强主编；</li><li>2) 《放射医学中的辐射防护》（Radiation Protection in Medical Radiography, Mary Alice Statkiewicz Sherer, 6th Edition. Mosby, 032010）；</li><li>3) 《外照射放射防护剂量转换系数标准》（WS/T 830-2024），中华人民共和国卫生行业标准，2024 年 5 月 13 日发布，2024 年 12 月 1 日实施；</li><li>4) 《Protection Against Ionizing Radiation from External Sources Used in Medicine》（ICRP REPORT NO.33）；</li><li>5) 《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）；</li><li>6) 《2024 年成都市环境质量公报》，成都市生态环境局。</li></ol>
----	--

表 7 保护目标与评价标准

评价范围				
<p>本项目为使用II类射线装置项目，根据《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》（HJ 10.1-2016）中“射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外50m的范围”相关规定，确定本项目评价范围为本项目拟建的DSA-CT复合手术室建筑实体边界外50m区域。本项目50m区域内主要包括院区道路、行政楼、光华东一路、光华东一路旁地面停车场和成都光华智慧停车场建设有限公司，具体50m范围区域见附图2。</p>				
保护目标				
<p>本项目手术室四周墙体为边界50m范围内环境保护目标为：</p> <p>1、本项目 DSA-CT 复合手术室及 CT 诊断区操作及相关的辐射工作人员；</p> <p>2、本项目DSA-CT复合手术室及CT诊断区周围50m内院区道路及绿化、行政楼、光华东一路、光华东一路旁地面停车场和成都光华智慧停车场建设有限公司的公众。</p> <p>本项目50m区域内主要包括院区内的行政楼、院区道路，院区外的光华东一路、光华东一路旁地面停车场和成都光华智慧停车场建设有限公司。本项目评价范围内保护目标与项目的相对空间位置关系见附图2。表7-1中最近距离均为距离DSA-CT复合手术室及CT诊断区屏蔽体最近直线距离。</p>				
表7-1 本项目环境保护目标情况一览表				
保护目标	方位与最近距离	规模	保护目标类型	剂量约束值（mSv/a）
DSA-CT复合手术室周围及内部				
DSA-CT复合手术室内医护人员	/	≤30名辐射工作人员(技师不进)	职业人员	5.0
控制连廊医护人员	北侧 紧邻	≤32名辐射工作人员	职业人员	5.0
MR 检查室公众	西侧 紧邻	预计20人/d	公众	0.1
污物通道公众	南侧 紧邻	预计4人/d	公众	0.1
DSA辅助用房医护	东侧 紧邻	预计2人/d	职业人员	5.0
CT停车间医护	东侧 紧邻	预计2人/d	职业人员	5.0
CT设备间医护	东侧 紧邻	预计2人/d	职业人员	5.0
设备夹层公众	楼上 紧邻	预计1人/d	公众	0.1
教研室、前沿技术试验分中心公众	楼下 紧邻	预计20人/d	公众	0.1
CT诊断区周围				
控制连廊医护人员	北侧 紧邻	≤32名辐射工作人员	职业人员	5.0
DSA辅助用房医护	西侧 紧邻	预计2人/d	职业人员	5.0

CT停车间	西侧 紧邻	预计2人/d	职业人员	5.0	
CT设备间医护	西侧 紧邻	预计2人/d	职业人员	5.0	
污物通道公众	南侧 紧邻	预计4人/d	公众	0.1	
手术室公众	东侧 紧邻	预计20人/d	公众	0.1	
设备夹层公众	楼上 紧邻	预计1人/d	公众	0.1	
决策分析中心公众	楼下 紧邻	预计10人/d	公众	0.1	
其余区域					
保护目标	方位	最近距离	规模	保护目标类型	剂量约束值 (mSv/a)
科技综合楼公众	本项目所在建筑	/	预计500人/d	公众	0.1
院区道路及绿化公众	北侧、东侧、南侧、西侧	南侧最近约5m	预计500人/d 流动人员	公众	0.1
行政楼	北侧	最近约23m	预计200人/d	公众	0.1
光华东一路公众	南侧	最近约20m	预计1000人/d 流动人员	公众	0.1
光华东一路旁地面停车场公众	南侧	最近约41m	预计100人/d 流动人员	公众	0.1
成都光华智慧停车场建设有限公司公众	东侧	最近约34m	预计100人/d 流动人员	公众	0.1

## 评价标准

### 1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

表 7-2 工作人员职业照射和公众照射剂量限值:

类别	剂量限值
职业照射 剂量限值	工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值: ①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任何一年中的有效剂量, 50mSv; ③眼晶体的年当量剂量: 150mSv; ④四肢(手和足)或皮肤的年当量剂量: 500mSv。
公众照射 剂量限值	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值: ①年有效剂量, 1mSv; ②特殊情况下, 如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv, 则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv。 ③眼晶体的年当量剂量: 15mSv; ④皮肤的年当量剂量: 50mSv。

### 本项目剂量约束值:

医院综合考虑《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)评价标准, 结合开展诊疗项目后预计收治病人量, 从而确定本项目的管理约束值, 职业人员年有效剂量按上述标准中规定限值的 1/4 执行: 即辐射工作人员年有效剂量约束值不超过 5mSv, 四肢(手和足)或皮肤的

年当量剂量约束值为**125mSv**；眼晶体的年当量剂量约束值为**37.5mSv**；公众年有效剂量按照上述标准中规定限值的1/10执行，即公众年有效剂量约束值不超过**0.1mSv**。

#### 周围剂量当量率控制水平：

本项目DSA-CT复合手术室和CT诊断区屏蔽体表面外30cm处周围剂量当量率不超过**2.5 $\mu$ Sv/h**。

### 2) 《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）

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，其最小有效面积、最小单边长度要求见表 7-3。

表 7-3 不同类型 X 射线设备机房的使用面积及单边长度要求

机房类型	机房内最小有效使用面积 m <sup>2</sup>	机房内最小单边长度 m
单管头 X 射线机	20	3.5
CT 机（不含头颅移动 CT）	30	4.5

6.2.2 X 射线设备机房屏蔽防护应满足如下要求：

a) 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护应不小于表 7-4 要求。

表 7-4 不同类型 X 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 mm	非有用线束方向铅当量 mm
C 形臂 X 射线设备机房	2	2
CT 机（不含头颅移动 CT）	2.5	

6.3.1 机房辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

a) 具有透视功能的 X 射线机在透视条件下检测时，周围剂量当量率控制目标值应不大于 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；

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

3) 根据已获得批复（成青环审〔2023〕9 号）的《成都市妇女儿童中心医院科技综合楼项目环境影响报告表》，结合现行最新国家标准，本项目应执行的非放环境保护标准如下：

#### 一、环境质量标准

- （一）地表水执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中 III 类标准；
- （二）环境空气执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中的二级标准；
- （三）声环境执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 2 类标准。

## 二、污染物排放（控制）标准

（一）医疗废水排放执行《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）中表 2 综合医疗机构和其他医疗机构水污染物排放限值预处理标准；

（二）废气排放执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）二级标准；

（三）医疗废物的贮存和处理执行《医疗废物管理条例》（国务院令 308 号）《医疗废物处理处置污染控制标准》(GB 39707-2020)；

（四）营运期噪声排放执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中2类标准。

表 8 环境质量和辐射现状

## 环境质量和辐射现状

## 1. 项目地理和场所位置

成都市妇女儿童中心医院位于成都市青羊区日月大道一段 1617 号，医院东侧为万和中心 3 号楼、4 号楼和成都光华智慧停车场建设有限公司，南侧为光华东一路，西侧为成飞大道，北侧为日月大道。

本项目 DSA-CT 复合手术室拟建在成都市妇女儿童中心医院科技综合楼，科技综合楼四周被院区道路环绕，北侧隔院区道路为行政楼；西侧为院区道路和绿化；南侧为院区道路（包含消防登高操作场地）；东侧为院区道路和绿化。本项目 DSA-CT 复合手术室拟建位置位于科技综合楼 2 楼，DSA-CT 复合手术室东侧为 DSA 辅助用房、CT 停车间和 CT 设备间；南侧为污物通道；西侧为 MR 检查室；北侧为控制连廊；楼上为设备夹层（摆放通排风设备及管道）；楼下为教研室、前沿技术试验分中心。CT 诊断区东侧为手术室；南侧为污物通道；西侧为 DSA 辅助用房、CT 停车间和 CT 设备间；北侧为控制连廊；楼上为设备夹层（摆放通排风设备及管道）；楼下为决策分析中心。

本项目 DSA-CT 复合手术室所在楼层平面布置图见附图 4，楼下平面布置图见附图 3，楼上平面布置图见附图 5。

DSA-CT 复合手术室及 CT 诊断区拟建址现状

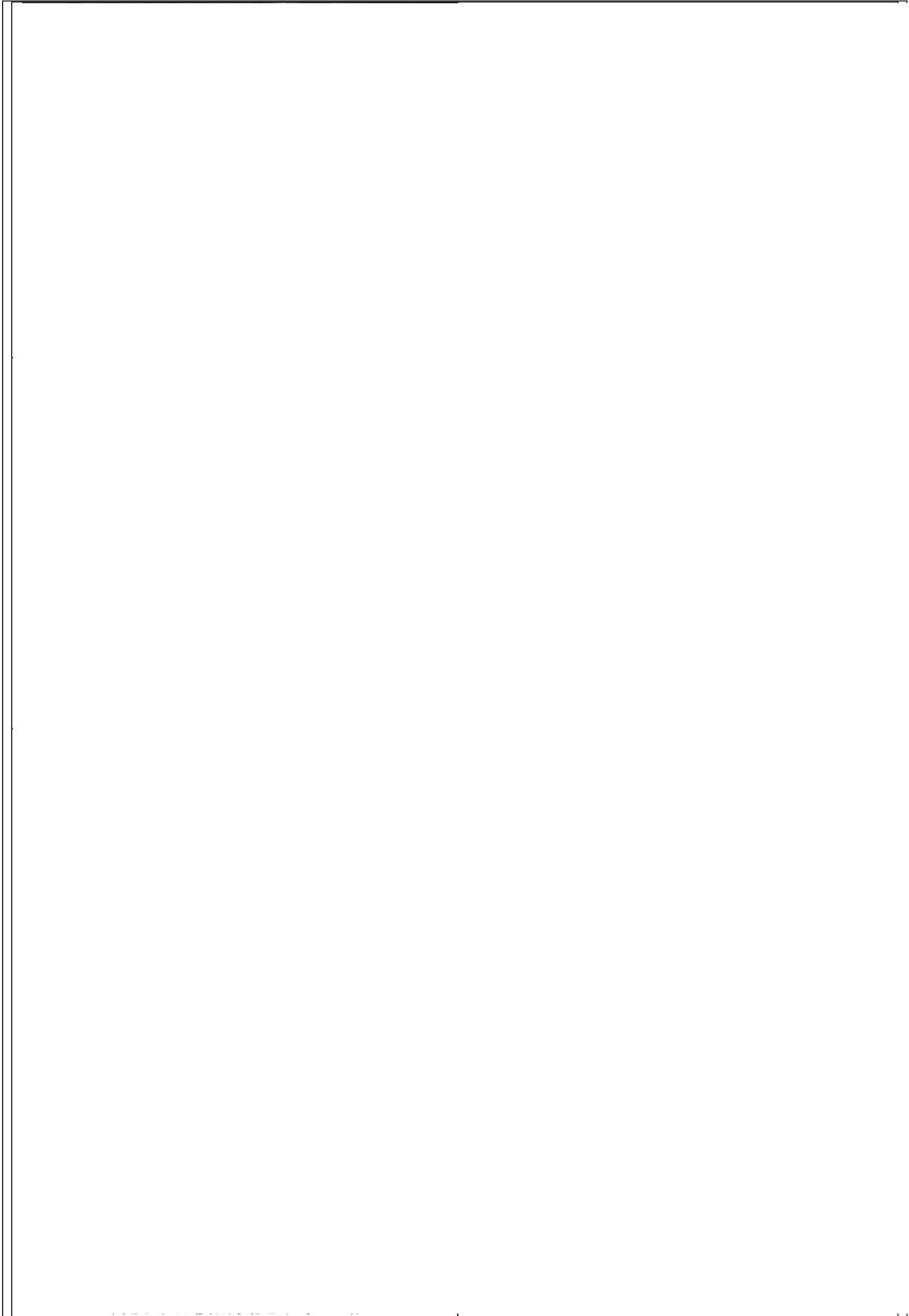


图8-1 本项目拟建地址周围环境现状照片

## 2. 监测方案、质量保证措施

四川省瑜仁嘉卫生技术服务有限公司通过了计量认证，具备完整、有效的质量控制体系。本次监测所用的仪器性能参数均符合国家标准方法的要求，均有有效的国家计量部门的检定合格证书，并有良好的日常质量控制程序。监测人员均经具有相应资质的单位培训，考核合格持证上岗。数据分析及处理采用国家标准中相关的数据处理方法，按国家标准和监测技术规范有关要求进行处理和填报，并按有关规定和要求进行三级审核。

四川省瑜仁嘉卫生技术服务有限公司质量管理体系：

### （一）资质认证

从事监测的单位，四川省瑜仁嘉卫生技术服务有限公司于 2023 年 12 月取得了四川省市场监督管理局颁发的计量认证证书，证书编号为：232303100019，有效期至 2029 年 5 月 3 日。

### （二）仪器设备管理

①管理与标准化；②计量器具的标准化；③计量器具、仪器设备的检定。

### （三）记录与报告

①数据记录制度；②报告质量控制。监测人员均经具有相应资质的部门培训，考核合格持证上岗。

监测所用仪器已由计量部门年检，且在有效期内；测量方法按国家相关标准实施；测量不确定度符合统计学要求；布点合理、人员合格、结果可信，能够反映出辐射工作场所的客观辐射水平，可以作为本次评价的科学依据。

## 3. 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

评价对象：本项目科技综合楼 2 楼 DSA-CT 复合手术室及 CT 诊断区拟建址内部及周围辐射环境。

监测因子：本项目 DSA-CT 复合手术室及 CT 诊断区拟建址内部及周围天然辐射剂量率。

监测点位：在科技综合楼 2 楼 DSA-CT 复合手术室拟建址内部、四周及楼上楼下布置监测点位，共计 13 个监测点位；在院区内外保护目标处布置监测点位，共计 5 个监测点位。

布点原则：原则上在屏蔽体周围紧邻的房间内距离屏蔽体表面 30cm 处及机头拟

设置位置进行布点，六面墙取距离机头拟设置位置最近的方位进行布点。在建筑物内测量，考虑建筑物的类型与层次，在室内中央距地面 1m 高度处进行。另在 50m 保护目标处设置监测点位。

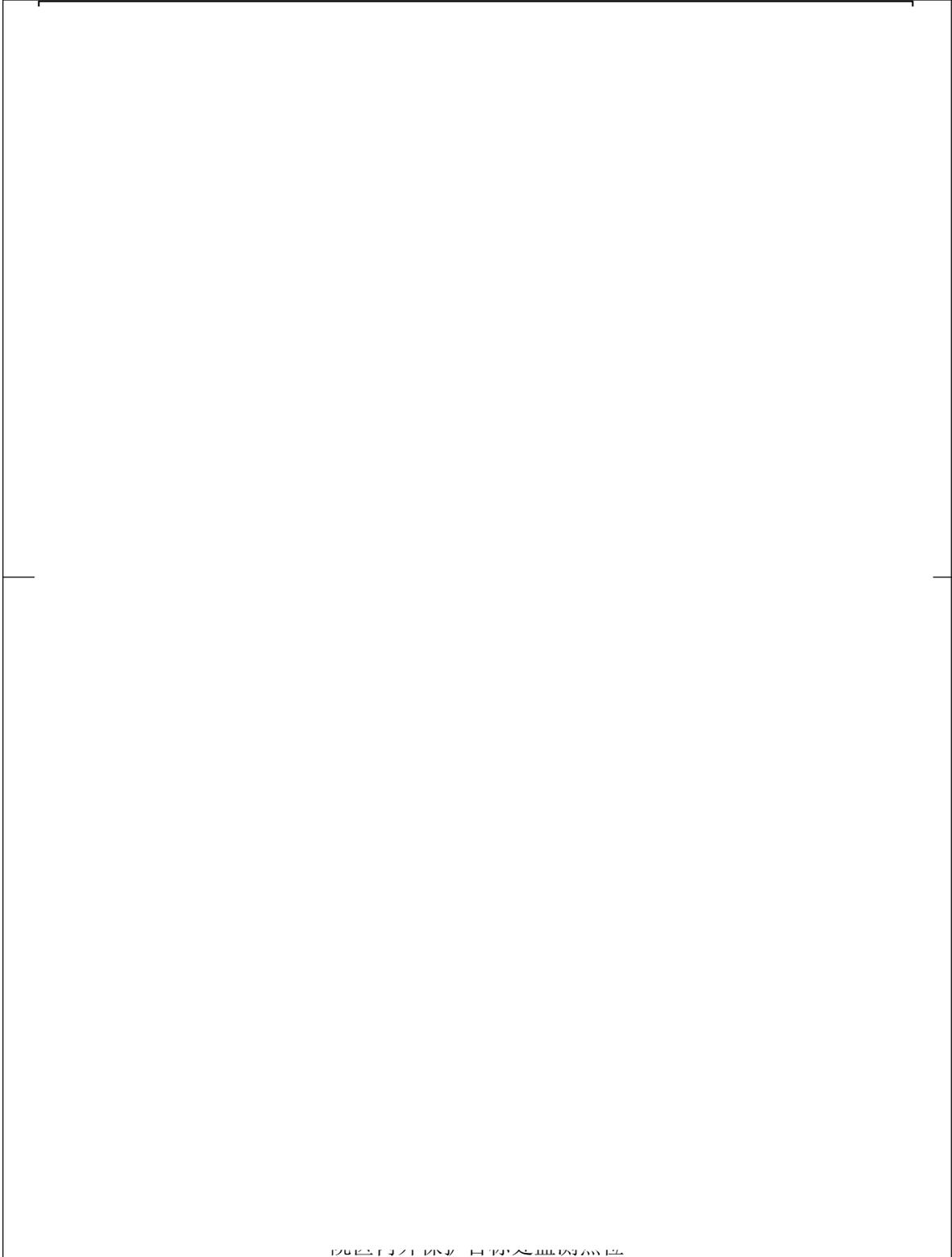


图 8-2 本项目辐射环境监测点位

本项目 50m 范围内的保护目标为科技综合楼、行政楼、院区道路、光华东一路、光华东一路旁地面停车场和成都光华智慧停车场建设有限公司的公众，点位 1~点位 13 是项目拟建址内部和其周围 6 面紧邻的房间，该 13 个点可以反映科技综合楼内的辐射剂量率情况，点位 14~点位 18 是 50m 范围内的保护目标处，分别为行政楼、院区道路、光华东一路、光华东一路旁地面停车场和成都光华智慧停车场建设有限公司，检测点位均在距 DSA-CT 复合手术室最近的一侧设点，因此本项目布点符合布点原则，且具有代表性，可以反映出项目内部及周围的辐射环境水平。

#### 4. 监测结果与环境现状调查结果评价

四川省生态环境监测业务系统项目编号：SCSYRJWSJSFWYXGS1546-0001

表 8-1 监测仪器及监测环境

监测项目	监测仪器			使用环境
	名称及编号	主要参数	校准/检定信息	
X/γ 辐射剂量率	RJ32-3602 型分体式多功能辐射剂量率仪 SCYRJ-FSWS-033	能量响应： 20keV~3.0MeV 测量范围： 1nGy/h~1.2mGy/h	校准/检定单位： 中国测试研究院 校准/检定有效期： 2024.09.13~2025.09.12 校准因子：0.94（校准源： <sup>137</sup> Cs）	天气：晴 温度： 33.1℃ 湿度： 48.7%

监测结果：本项目 DSA-CT 复合手术室四周及内部 X-γ 辐射剂量率监测结果见表 8-2，监测点位见图 8-2（报告见附件 7）。

表 8-2 本项目 DSA-CT 复合手术室周围环境 X-γ 辐射剂量率监测结果 单位：nGy/h

点位	监测位置	环境 X-γ 辐射剂量率		备注
		测量值	标准差	
1	DSA-CT 复合手术室拟建址中央	74	1.5	室内
2	DSA-CT 复合手术室拟建址南侧	70	1.9	
3	DSA-CT 复合手术室拟建址西侧	75	1.4	
4	DSA-CT 复合手术室拟建址北侧	71	1.4	
5	CT 停放拟建址	72	1.7	
6	CT 诊断区拟建址中央	74	1.6	
7	CT 诊断区拟建址南侧	72	2.5	
8	CT 诊断区拟建址东侧	76	1.8	
9	CT 诊断区拟建址北侧	70	1.8	
10	DSA-CT 复合手术室拟建址楼上（设备夹层）	73	1.3	
11	DSA-CT 复合手术室拟建址楼下（教研室）	74	1.9	
12	CT 诊断区拟建楼上（设备夹层）	72	2.2	
13	CT 诊断区拟建楼下（决策分析中心）	76	2.3	

14	科技综合楼南侧院区道路	75	1.1	室外
15	行政楼南侧	81	2.4	
16	光华东一路北侧	74	1.9	
17	地面停车场	70	1.9	
18	成都光华智慧停车场建设有限公司西侧	75	1.8	

注：以上监测数据均未扣除监测仪器宇宙射线响应值。

由表 8-2 监测结果可知：在当前检测工况下（本底检测），成都市妇女儿童中心医院新建 DSA-CT 复合手术室项目拟建址及周围环境 X- $\gamma$ 辐射剂量率为 70nGy/h~81nGy/h，现状监测结果处于成都市生态环境局发布的《2024 成都生态环境质量公报》中环境 $\gamma$ 辐射剂量率连续自动监测日均值范围（66.7nGy/h~117nGy/h）涨落之内。

表 9 项目工程分析与源项

## 工程设备和工艺分析

## 1. 工程设备

本项目 DSA-CT 复合手术室辐射工作场所由 DSA-CT 复合手术室、CT 诊断区、控制连廊、DSA 辅助用房、CT 停车间、CT 设备间构成。本项目 DSA 由 X 射线发生装置，包括 X 射线球管及其附件、高压发生器、X 射线控制器等，图像检测系统，包括光栅、平板探测器、光学系统、线束支架、检查床、输出系统等部件组成。本项目 CT 主要由扫描部分、计算机系统、图像显示系统和存储系统组成，其中扫描部分由 X 射线管、探测器个扫描架组成。

## 2. 工艺分析

## 2.1 施工期工作流程及产污环节分析

通过现场勘查核实可知，本项目 DSA-CT 复合手术室所在的科技综合楼主体框架已修建完成，本项目 DSA-CT 复合手术室仅随科技综合楼主体建筑修建好了楼板，主体建筑工程在已获得批复的环评中进行了分析。本项目施工期仅包括防护工程、房间隔断、房间的水电施工、表面装修、通风系统、机器安装和调试。施工期环境影响示意图见图 9-1。

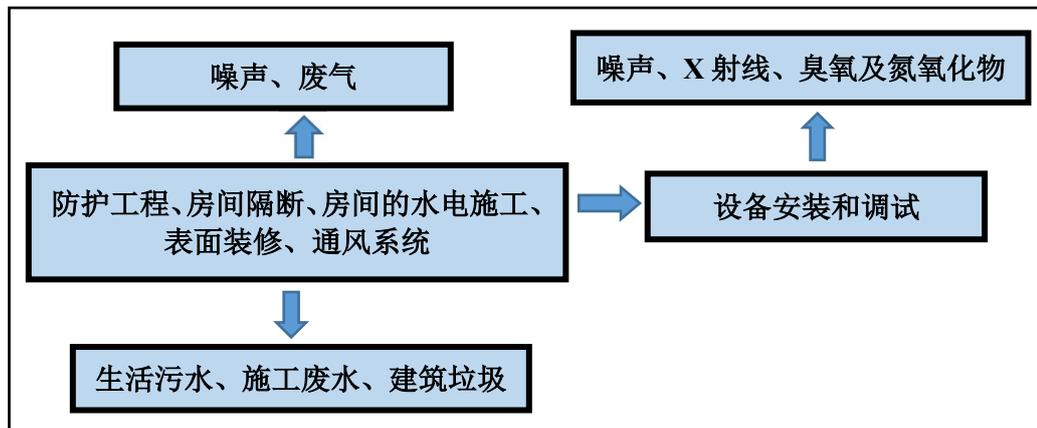


图9-1 本项目施工期环境影响示意图

**通风系统：** 本项目 DSA-CT 复合手术室和 CT 诊断区均采用净化风机盘管系统+排风+独立新风系统的舒适性空调，采用上送上回、上排方式，DSA-CT 复合手术室新风口位于吊顶中部，排风口位于吊顶东部，设计新风量为 2000m<sup>3</sup>/h，排风量为 350m<sup>3</sup>/h。CT 诊断区新风口位于吊顶中部，排风口位于吊顶西部，设计新风量为 1200m<sup>3</sup>/h，排风量为 350m<sup>3</sup>/h。DSA-CT 复合手术室和 CT 诊断区室内的废气通过风

管由排风机引至科技综合楼设备夹层室外排放，排口高度距地 9.6m。

**防护工程和表面装修：**四周墙体：本项目 DSA-CT 复合手术室和 CT 诊断区四周墙体均为 4mmPb 铅板，在 DSA-CT 复合手术室和 CT 诊断区四周搭建 50\*30\*1.2mm 的镀锌方龙骨+12mm 厚木工板+4mmPb 铅板，而后在 DSA-CT 复合手术室和 CT 诊断区内部再采用 50\*30\*1.2mm 镀锌方管龙骨+12mm 防潮石膏板+医用模块化电解钢板 1.2mm 预喷涂抗菌涂料进行表面装修。

**顶部：**DSA-CT 复合手术室和 CT 诊断区顶部土建楼板为 120mm 混凝土，此基础上在 DSA-CT 复合手术室和 CT 诊断区内顶部搭建 50\*50\*2.0mm 镀锌方龙骨+15mm 厚木工板+4mmPb 铅板，而后在 DSA-CT 复合手术室和 CT 诊断区内部再采用 50\*30\*1.2mm 镀锌方管龙骨+9.5mm 防潮石膏板+医用模块化电解钢板 1.2mm 预喷涂抗菌涂料进行表面装修。

**地面：**DSA-CT 复合手术室地面土建楼板为 120mm 混凝土，在此基础上在手术区内部增加 50mm 硫酸钡水泥+30mm 厚细石混凝土保护层，而后采用 3mm 厚自流平+2mm 厚防滑、耐磨、耐污、抗菌、防火的医用橡胶卷材进行表面装修；CT 诊断区地面在建筑楼板的基础上，在楼板外表面搭建 50\*50\*2.0mm 镀锌方龙骨+15mm 厚木工板+4mmPb 铅板（即一层顶敷设），而后在 CT 诊断区内部地面采用 3mm 厚自流平+2mm 厚防滑、耐磨、耐污、抗菌、防火的医用橡胶卷材进行表面装修。

所有防护门窗均在施工单位处定制组装完成后送现场安装，另外，为防止辐射泄漏，防护门与墙的重叠宽度应至少为空隙的 10 倍，门的底部与地面之间的重叠宽度至少为空隙的 10 倍。

#### **通排风系统穿墙及电缆沟：**

本项目通排风系统在 DSA-CT 复合手术室和 CT 诊断区顶部预留管道穿墙口，通排风管道从顶部直穿楼板后到达设备夹层，电缆线在 DSA-CT 复合手术室和 CT 诊断区地面预留管道穿墙口，电缆管道从地面直穿后，采用下层天花电缆桥架。此外，为防止射线泄漏，在通排风管道和电缆管道穿墙口处采用 4mmPb 铅板进行包裹，通过该屏蔽补偿后可防止射线泄漏。本项目电缆沟、通排风管道防护设计大样图见图 9-2。



图 9-2 本项目风管穿墙和电缆穿墙示意图

施工过程以施工机械噪声、装修和设备安装噪声为主。施工期间的主要污染因素有废气、建筑垃圾、噪声和废水，会对周围声环境质量产生一定影响。以上污染因素将随建设期的结束而消除。

**安装和调试：**安装和调试均由设备厂家的辐射工作人员负责，设备厂家为本项目安装和调试阶段的辐射管理责任主体单位。安装前，医院将联系厂家制定安装清单，安装当日院方辐射管理领导小组成员将安排辐射工作人员提前对运输路线进行临时管控，在 DSA-CT 复合手术室和 CT 诊断区周围设立电离辐射警告标志，专人负责安全保卫工作，加强周围巡逻，禁止无关人员靠近等临时管控措施。待所有零部件到达 DSA-CT 复合手术室和 CT 诊断区后，院方工作人员和厂家工作人员将再次核对清单，

并在周围两端铺设警戒线并派专人值守，确保安装过程无关人员不得靠近射线装置安装场所，同时要求厂家工作人员佩戴个人剂量报警仪。

## 2.2 营运期工作流程及产污环节分析

### 2.2.1 工作原理

#### DSA

数字减影血管造影技术（Digital Subtraction Angiography，简称DSA）是常规血管造影术和电子计算机图像处理技术相结合的产物。DSA的成像基本原理为：将受检部位没有注入透明的造影剂和注入透明的造影剂（含有有机化合物，在X射线照射下会显影）后的血管造影X射线荧光图像，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、肌肉和其他软组织，只留下单纯血管影像的减影图像，通过显示器显示出来。通过DSA处理的图像，可以看到含有造影剂的血液流动顺序以及血管充盈情况，从而了解血管的生理和解剖的变化，并以造影剂排出的路径及快慢推断有无异常通道和血液动力学的改变，因此进行介入手术时更为安全。数字X射线系统原理图见图9-3。

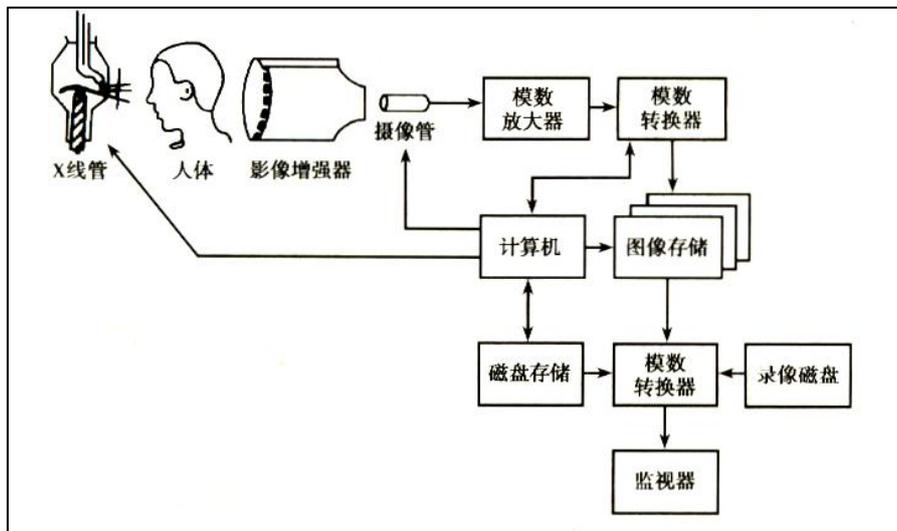


图9-3 数字X射线系统原理图

#### CT

CT成像基本原理是用X线束对人体检查部位一定厚度的层面进行扫描，由探测器接收透过该层面的X线，转变为可见光后，由光电转换器转变为电信号，再经模拟/

数字转换器 (analog/digital converter) 转数字信号, 输入计算机处理。图像形成的处理有如将选定层面分成若干个体积相同的长方体, 称之为体素 (voxel)。扫描所得信息经计算而获得每个体素的X线衰减系数或吸收系数, 再排列成矩阵, 即数字矩阵 (digital matrix), 数字矩阵可存储于磁盘或光盘中。经数字/模拟转换器 (digital/analog converter) 把数字矩阵中的每个数字转为由黑到白不等灰度的小方块, 即像素 (pixel), 并按矩阵排列, 即构成CT图像。

### 2.2.2 结构

DSA 因其整体结构像大写的“C”, 因此也称作 C 型臂。成像系统按功能和结构划分, 主要由五部分构成: X 射线发生系统、影像检测和显示系统、影像处理和系统控制部分、机架系统和导管床、影像存储和传输系统。

(1) X 射线发射装置主要包括 X 射线球管、高压发生器和 X 射线遮光器。介入治疗需要连续发射 X 射线, 要求有较高的球管热容量和散射率, 因此 C 型臂必须具有阳极热容量在 1MHU 以上、具有大小焦点的 X 射线球管。此外, 还需具有一个能产生高千伏、短脉冲和恒定输出的高压发生器、X 射线遮光器用来限制 X 射线照射视野, 避免患者接受不必要的辐射。

(2) 影像检测和显示系统, 用于将 X 射线信息影像转换成可见影像。

本项目设备数字成像系统为平板探测器。平板探测器分为间接转换平板探测器和直接转换平板探测器。间接转换平板探测器由碘化铯等闪烁体晶体涂层与非晶硅薄膜晶体管 TFT 构成。间接转换平板探测器的工作过程一般分为两步: 闪烁晶体涂层将 X 射线的能量转换为可见光, 其次非晶硅 TFT 将可见光转换为电信号。直接转换平板探测器主要由非晶硒 TFT 构成: 入射的 X 射线是硒层产生电子空穴对, 在外加偏压电场作用下, 电子和空穴向相反的方向移动形成电流, 电流在薄膜晶体管中形成电信号。现代大型 DSA 设备普遍使用平板探测器, 其转换环节少, 减少了噪声, 使 X 射线光子信号的损失降到了最低限度, 大大提高了光电转换效率。不但保证了优质的图像质量, 而且降低了射线剂量。

(3) 影像处理和系统控制。

影像被数字化后, 则需进行各种算术逻辑运算, 并对减影的图像进行各种后处理。计算机系统是 C 型臂的关键部件, 具有快速处理能力, 主要对数字影像进行对数变换处理、时间滤波处理和对对比度增强处理。系统控制部分具有多种接口, 用于协调 X

射线机、机架、计算机处理器和外设联动等。

(4) 机架系统和导管床机架有悬吊式和落地式两种，各有利弊，可根据工作特点和手术室情况选择。导管检查床具有手术床和透视诊断床两种功能，多采用高强度、低衰减系统的碳素纤维床面，减少对 X 射线的吸收。

(5) 影像存储和传输系统 (PACS)，采用在线存储和近线存储两种存储方式，充分利用网络技术实现影像资料的共享，方便随时调阅，更加高效地交流和管理 C 型臂影像信息。

## CT

本项目 CT 主要由扫描系统、计算机系统、图像显示和存储系统组成，其中扫描部分由 X 射线管、探测器和扫描架组成。

### 2.2.3 主要系统参数

本项目主要系统参数见表9-1。

表9-1 本项目主要设备配置及主要参数

设备参数							
设备名称	型号	类别	数量	最大管电压	最大管电流	射线方向	备注
DSA	西门子 ARTIS pheno Master	II类	1台	125kV	1000mA	由下网上	/
CT	西门子 SOMATOM Confidence	III类	1台	140kV	800mA	朝北、朝南、朝上、朝下	/
DSA部分硬件参数							
过滤	固有过滤	2.5mmAl					
常用工况	透视	管电压	60kV-90kV		管电流	6mA-20mA	
	拍片		40kV-90kV			100mA-500mA	
泄露射线	在1米距离下，任意100m <sup>2</sup> 区域范围内的空气比释动能率≤1.0mGy/h						
CT部分硬件参数							
过滤	准直器过滤	2.5mmAl					
常用工况	电流	100~400mA					
	电压	80kV-120kV					
泄露射线	在1米距离下，任意100m <sup>2</sup> 区域范围内的空气比释动能率≤1.0mGy/h						

### 2.2.4 介入治疗

介入治疗是在医学影像设备的引导下，通过置入体内的各种导管(约1.5-2毫米粗)的体外操作和独特的处理方法，对体内病变进行治疗。介入治疗具有不开刀、创伤小、恢复快、效果好的特点，目前，基于数字血管造影系统指导的介入治疗医生已能把导管或其他器械，介入到人体几乎所有的血管分支和其他管腔结构(消化道、胆道、气

管、鼻管、心脏等），以及某些特定部位，对许多疾病实施局限性治疗。

根据医院提供资料，本项目运营后供儿科、妇科、产科、新生儿科开展相关介入诊疗工作，主要涉及的病人为门诊住院病人，以下以儿科和妇科的典型手术为例进行简要的原理介绍：

### 儿科

儿童先天性心脏病介入手术是一种微创治疗方式。术前通过CT/MRI进行图像引导，获取心脏三维解剖模型，标记病变位置（如缺损、狭窄）、血管走行及毗邻关键结构（如传导束、冠状动脉）。医生通过穿刺大腿根部的股静脉或股动脉，将一根细长的导管送入血管，在DSA术中X射线透视的实时影像引导下，医生操控导管，使其精准抵达心脏或大血管的病变部位（如缺损处、狭窄处）。然后，通过导管送入特制的微型器械进行治疗，例如：封堵器用来堵住心脏上的异常孔洞（如房间隔缺损、室间隔缺损、动脉导管未闭），阻断不该存在的血流；球囊导管用来撑开狭窄的瓣膜（如肺动脉瓣狭窄）或血管段，改善血流通道；或者放置支架来支撑塌陷或狭窄的血管，保持其通畅。将术前高分辨CT/MRI数据与术中DSA画面实时叠加，构建动态3D路径图，规避传统DSA的二维视角局限。CT提供三维解剖细节，DSA动态跟踪操作，减少封堵器移位、瓣膜损伤风险，融合导航缩短X线透视时间，降低儿童辐射暴露，DSA-CT复合手术将精准性与安全性提升至新层级，尤其适用于低体重婴、复杂畸形等高风险群体。

### 妇科

子宫动脉栓塞术是一种微创介入治疗，通过阻断子宫病变组织的血液供应，使其缺血坏死、萎缩，从而达到治疗目的。术前通过CT/MRI三维重建子宫血管网，标记肌瘤位置、体积及供血动脉分支（如子宫动脉下行支），避开卵巢动脉吻合支。从股动脉穿刺插入导管→经髂动脉超选择插管至子宫动脉（精准避开卵巢动脉），术中实时透视导管位置及血流动态，显示肌瘤“肿瘤染色”，将CT血管模型叠加至DSA动态画面，形成实时全息导航地图，DSA引导微导管超选至目标分支注入栓塞微粒达到治疗目的，术毕即刻低剂量CT扫描→三维重建验证肌瘤无残留血供。CT提供三维解剖细节，DSA提供实时动态导航，在子宫动脉栓塞中，这种组合能解决两个痛点——一是盆腔血管变异多（CT能提前建模），二是要避开卵巢动脉等重要分支（融合导航可实现毫米级规避）。传统DSA只能看血管，但CT能立即确认肌瘤栓塞范围，避免

过度栓塞导致子宫坏死，这个特点是普通介入手术室做不到的。DSA-CT复合手术精准导航反而减少总体曝光量，对年轻女性患者的卵巢有较好的保护。

### 2.2.5 诊疗流程

本项目手术流程如下所示：

(1) 病人候诊、准备、检查：由主管医生写介入诊疗申请单；介入接诊医师检查是否有介入诊疗的适应症，在排除禁忌症后完善术前检查和预约诊疗时间。

(2) 向病人告知可能受到的辐射危害：介入主管医生向病人或其家属详细介绍介入诊疗的方法、途径、可能出现的并发症、可预期的效果、术中所用的介入材料及其费用等。

(3) 病人进入 DSA-CT 复合手术室、摆位、术前检查、设置参数：将病人推入 DSA-CT 复合手术室进行摆位，滑轨 CT 划入 DSA-CT 复合手术室，利用滑轨 CT 进行术前扫描；或者将患者转移至 CT 诊断区进行术前扫描确认病变位置，扫描完后将患者从 CT 诊断区转移至 DSA-CT 复合手术室，设置 DSA 系统相关技术参数及其他监护仪器。

(4) 根据制定的不同治疗方案结合术前扫描图像，医师、护师及技师密切配合，完成介入手术；

**产污：X射线、臭氧和氮氧化物。**

(5) 手术完毕：滑轨 CT 再次进入 DSA-CT 复合手术室，利用滑轨 CT 对病人手术处进行及时复查，或将患者转移至 CT 诊断区进行术中复查，手术医师应及时书写手术记录，技师应技师处理图像、刻录光盘或照片；手术医师在 24 小时内诊断报告写出由病人家属取回交病房的病例保管处。

**产污：X射线、臭氧和氮氧化物。手术过程中的耗材将转化为医疗废物；医护人员洗手将产生少量的医疗废水。**

**医护人员及患者产生的生活污水、生活垃圾**

本项目复合手术工作流程及产污环节如图9-4：

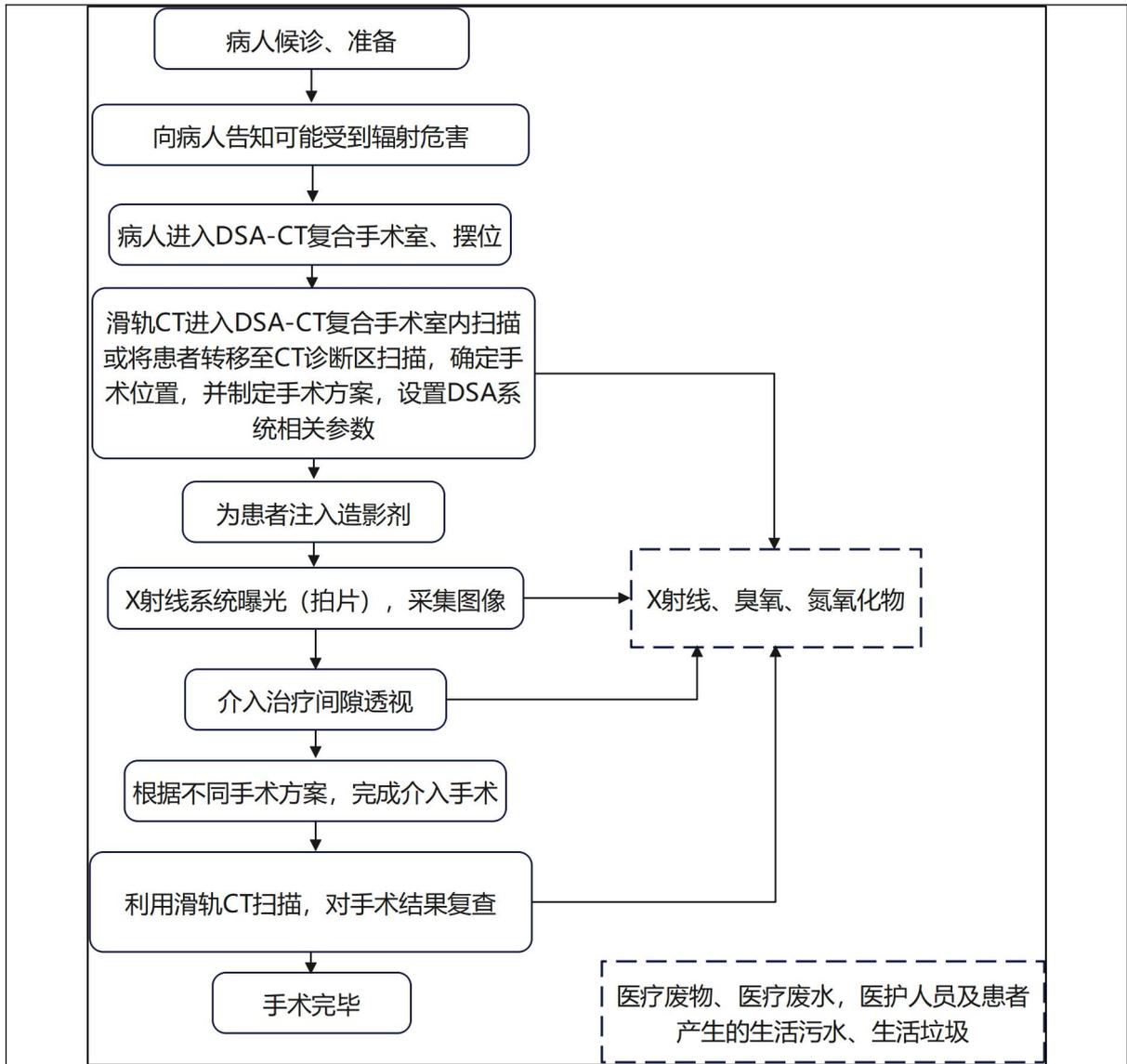


图9-4 本项目工作流程及产污环节示意图

### 3. 人流物流合理性分析

#### 人流：

医护人员：医护人员经科技综合楼2楼北侧连廊进入医生通道，随后进入换鞋区换鞋，在男/女更衣室内更换手术服，经过缓冲间后进行洗手消毒，然后医师和护师穿戴好防护用品后穿过控制连廊从DSA-CT复合手术室北侧医护门进入并准备开展介入手术工作，根据术中需求打开东侧防护门将患者转移至CT诊断区内进行扫描，扫描完后回到DSA-CT复合手术室并关闭东侧防护门，技师进入控制连廊内进行机器预热和调试。手术工作结束后医护人员原路返回离开工作场所。

患者：患者搭乘科技综合楼北部电梯抵达2楼，随后进入换床区，然后从DSA-CT

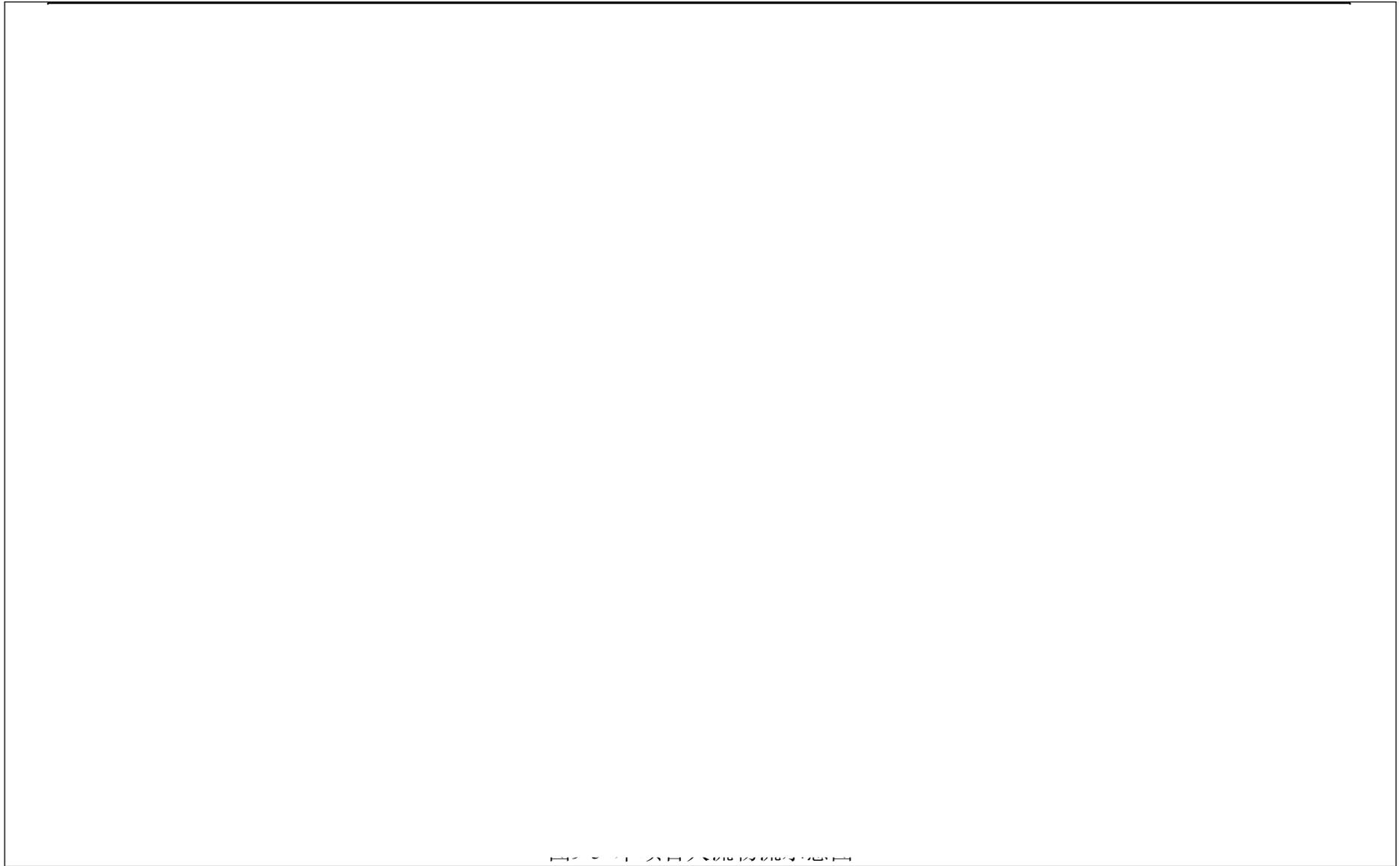
复合手术室北侧患者防护门进入DSA-CT复合手术室内，患者根据术中需求进入CT诊断区内进行扫描，扫描完后回到DSA-CT复合手术室。手术结束后，有麻醉的患者由护师将患者推进复苏室，苏醒后经过换床区进入电梯回病房休息。没有麻醉的患者则原路返回进入电梯回病房休息或自行离开。

本项目通过时间管控的方式实行医护和患者的分流，手术开始前，患者先进入DSA-CT复合手术室内完成摆位，然后医护再进入DSA-CT复合手术室进行手术；手术结束后，患者先行离开，然后医护再原路返回离开。

**物流：**

每场手术结束后，污物由DSA-CT复合手术室南侧污物通道门经污物通道运往污物暂存间。待当天所有工作成后，污物从污物暂存间经北侧污梯运至院区医疗废物暂存间，定期按照医疗废物执行转移联单制度，委托当地有资质单位定期处置。

本项目人流物流示意图见图9-5。



## 污染源项描述

### 1) 辐射污染源分析

由数字减影血管造影机（DSA）和 CT 的工作原理可知，其只有在开机并处于出束状态时才会发出 X 射线，故在数字减影血管造影机（DSA）和 CT 开机期间，X 射线是项目主要污染物。利用 X 射线束对病人进行诊断和手术的同时，射线装置产生的有用线束、泄漏射线及散射射线也可能会穿透 DSA-CT 复合手术室和 CT 诊断区的六面屏蔽体、观察窗、防护门等对手术室内外的职业人员产生辐射影响。一次拍片需要时间很短，因此拍片的辐射影响较小；而介入手术需要长时间的透视，对辐射工作人员有一定的附加辐射剂量。

#### 有用线束源强：

本项目数字减影血管造影机（DSA）最大管电压125kV，最大管电流为1000mA，本项目CT最大管电压140kV，最大管电流为800mA。选取表1-3表中常用工况区间的最大值作为本项目评价工况，DSA即：透视电压90kV、电流20mA；拍片电压90kV、电流500mA。根据厂家提供的资料显示，本项目DSA的X射线管的滤过当量是2.5mmAl，因此本项目DSA按照过滤材料为2.5mmAl进行剂量估算。

由ICRP33号报告P32图2，得出本项目DSA透视和拍片工况下距靶1m处的发射率为6.2mGy/mA·min，结合评估工况里的电流参数，从而可知数字减影血管造影机（DSA）透视时距离机头1m处空气比释动能率为7.44E+06μGy/h，拍片时距离机头1m处空气比释动能率为1.86E+08μGy/h。

根据CT硬件技术参数可知，当CT曝光参数为120kV，666mA，1秒时，1270mm处的辐射水平为： $10.4\mu\text{Gy} \times 0.71 \times 666 / 100 = 49.2\mu\text{Gy}$ ，因此可换算得到120kV，400mA时CT拍片时1m处空气比释动能率为 $10.4\mu\text{Gy} \times 0.71 \times 400 / 100 \times 1.27 \times 1.27 \times 60 \times 60 = 1.71\text{E}+05\mu\text{Gy/h}$ 。

#### **泄漏射线源强：**

根据《医用电气设备 第1-3部分：基本安全和基本性能的通用要求 并列标准：诊断X射线设备的辐射防护》（GB 9706.103-2020）中12.4：X射线管组件和X射线源组件在加载状态下的泄漏辐射，当其在相当于基准加载条件下以标称X射线管电压运行时，距焦点1m处，1小时内在任一100cm<sup>2</sup>区域（主要线性尺寸不大于20cm）的空气比释动能不应超过1.0mGy”，本项目射线装置在1m处泄漏射线的空气比释动能率保

守取 $1.00E+03\mu\text{Gy/h}$ 。

## 2) 非辐射污染源分析

废气：DSA 和 CT 在工作过程中会使周围空气电离并产生极少的臭氧和氮氧化物。

废水：本项目运行后，介入手术过程中会产生一定量的医疗废水，术后医护人员、患者及患者家属会产生极少量的生活污水，产生的医疗废水预计  $50\text{m}^3/\text{a}$ ，生活污水预计  $125\text{m}^3/\text{a}$ 。

固体废物：本项目射线装置采用数字成像，它根据病人的需要打印胶片，打印出来的胶片由病人带走自行处理，故不产生废胶片。本项目介入手术时产生的废造影剂瓶（包装为输液瓶含少量废造影剂残留， $100\text{kg}/\text{a}$ ）、废药棉（ $100\text{kg}/\text{a}$ ）、废纱布（ $100\text{kg}/\text{a}$ ）、废手套（ $100\text{kg}/\text{a}$ ）及废医用器具（ $50\text{kg}/\text{a}$ ）为医疗废物，项目相关人员产生的生活垃圾产生量约  $0.5\text{t}/\text{a}$ 。

噪声：本项目产噪设备主要为通排风系统、空调系统，建设单位拟采用低噪音风机，噪声源强不大于  $65\text{dB}(\text{A})$  且均处于室内，通过建筑墙体隔声及距离衰减后，对周围环境噪声的贡献很小，对项目所在区域声环境影响很小。

表 10 辐射安全与防护

## 项目安全措施

## 1. 工作场所布局及分区

## 1.1 工作场所布置

本项目 DSA-CT 复合手术室有效使用面积为 59.84m<sup>2</sup>（最小单边长为 6.80m，净高 4.95m，吊顶高 3.00m），CT 诊断区有效使用面积为 51.00m<sup>2</sup>（最小单边长为 6.80m，净高 4.95m，吊顶高 3.00m）；其配套功能用房主要为：DSA 辅助用房（有效使用面积：7.60m<sup>2</sup>）、CT 设备间（有效使用面积：6.40m<sup>2</sup>）、CT 停车间（有效使用面积：18.00m<sup>2</sup>）、控制连廊（DSA-CT 复合手术室和 CT 诊断区共用，有效使用面积：133.52m<sup>2</sup>）等房间组成，DSA-CT 复合手术室和 CT 诊断区分别与控制连廊之间设置观察窗。本项目 DSA-CT 复合手术室拟建位置位于科技综合楼 2 楼，DSA-CT 复合手术室东侧为 DSA 辅助用房、CT 停车间和 CT 设备间；南侧为污物通道；西侧为 MR 检查室；北侧为控制连廊；楼上为设备夹层（摆放通排风设备及管道）；楼下为教研室、前沿技术试验分中心。CT 诊断区东侧为手术室；南侧为污物通道；西侧为 DSA 辅助用房、CT 停车间和 CT 设备间；北侧为控制连廊；楼上为设备夹层（摆放通排风设备及管道）；楼下为决策分析中心。

## 1.2 布局合理性分析

（1）本项目 DSA-CT 复合手术室配套设施完善且 DSA-CT 复合手术和 CT 诊断区有效使用面积分别为 59.84m<sup>2</sup> 和 51.00m<sup>2</sup>，充分考虑了手术开展的空间需求和医生病人需求。

（2）本项目 DSA-CT 复合手术室靠近电梯，周围相应器材辅房均齐全且辅助功能用房配套设施完善，运输病人的整个通道宽敞，手术需要的相应器材和药物取用方便。DSA-CT 复合手术室与外界有明显的通道划分，进出设置有缓冲区和门禁，减少了公众误入的可能性。

（3）手术室楼上楼下紧邻区域没有病房等人员常驻区域，长期停留人员较少。

（4）本项目的修建不影响消防通道，且不占用消防设施等任何公共安全设施。

（5）DSA-CT 复合手术室设置有医护通道防护门、患者通道防护门、污物通道防护门，且污物通道和患者通道为独立 2 条走廊，互不影响，实现人员与污物路线的分流，人流和物流在时间上也严格错开。

综上所述，本项目各组成部分功能区明确，所在位置既方便就诊、满足诊疗需要，也能够降低人员受到意外照射的可能性，**所以其平面布置是合理的。**

### 1.3 控制区监督区分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射工作场所的分区原则：应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定位**控制区**；将未被定为控制区，在其中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的区域定为**监督区**。

本项目 DSA-CT 复合手术室和 CT 诊断区六面设置有专门的屏蔽体，出束时 X 射线管球管发射的射线被 DSA-CT 复合手术室和 CT 诊断区屏蔽体屏蔽，DSA-CT 复合手术室和 CT 诊断区属《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）定义的**控制区**；而手术室控制台、DSA 辅助用房、CT 停车间和 CT 设备间有辐射工作人员停留的可能性，属《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）定义的**监督区**。患者通道防护门、污物通道防护门朝向通道，为起警示作用，在防护门外地上区域划出警戒范围作为**监督区**。

本项目辐射防护分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定。具体控制区和监督区划分表和示意图见表 10-1 和图 10-1。

表10-1 本项目“两区”划分一览表

工作场所	控制区	监督区	备注
DSA-CT 复合手术室、CT 诊断区	DSA-CT 复合手术室内、CT 诊断区内	DSA-CT 复合手术室患者防护门、医护防护门及污物通道防护门外门宽×1m 的地面区域；CT 诊断区患者防护门、医护防护门及污物通道防护门外门宽×1m 的地面区域；DSA 辅助用房、CT 停车间和CT设备间	控制区内禁止辐射工作人员和病人以外的外来人员进入，职业工作人员在拍片时尽量不要在控制区内停留，以减少不必要的照射。 监督区范围内应限制辐射工作人员和病人以外的外来人员进入。

**控制区：**在控制区的进出口及其他适当位置处张贴电离辐射警告标志（所有防护门朝向DSA-CT复合手术室和CT诊断区室外的一面）。

**监督区：**在监督区入口处的合适位置悬挂监督区标牌或在地面使用警戒线划分出监督区；并定期检查工作状况，确认是否需要防护措施和安全条件，或是否需要更改监督区的边界。

本项目控制区和监督区的辐射工作人员应严格遵守医院所制定的《辐射工作场所安全管理要求》和《辐射工作人员岗位职责》制度，工作前应做好个人防护，正确佩戴个人剂量计和防护用品，正确履行职责内的工作，操作时严格按照设备操作规程使用射线装置，树牢辐射安全意识。

## 2. 工作场所污染防治措施

### 2.1 设备固有安全防护措施

本项目 DSA 拟购自西门子医疗系统有限公司，设备各项安全措施齐全，仪器本身采取了多种安全防护措施：

①采用栅控技术：每次脉冲曝光间隔向旋转阳极加一负电压，抵消曝光脉冲的启辉与余辉，起到消除软 X 射线、提高有用射线品质并减小脉冲宽度作用。

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过滤板，以消除软 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 C 型臂不同应用时可以选用的种形状与规格的准直器隔板和铝过滤板。

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了于监视器上显示（即称之为图像冻结），利用此方法可以明显缩短总透视时间，以减少不必要的照射。

⑤配备有相应的表征剂量的指示装置，当曝光室内出现超剂量照射时会出现报警。

⑥设备的手术室内床和体控制台上设有“紧急停机”按钮各一个，在机器故障时可摁下，切断设备电源，避免意外照射。

⑦厂家的 DSA 自带铅吊屏和铅帘等防护措施，铅当量为 0.5mmPb。

⑧装置装有可调限束装置，使装置发射的线束宽度尽量减小，以减少泄漏辐射。有用线束主要为从下往上，即使旋转机头，考虑到 DSA 安放位置，也不会直接照射门、窗和管线口位置。同时，也要求建设单位定期按照规章制度对设备进行维护检修。

## 2.2 对医生及患者的辐射防护措施

在实施诊治之前，应事先告知患者或被检查者辐射对健康的潜在影响；应注意对陪护者的防护，使其在陪护患者的全程诊治中，所受的辐射剂量做到最小化。

在介入诊疗中，手术医生必须认真做好自身的防护工作。具体要求是：

①进一步提高安全文化素养，全面掌握辐射防护法规与技术知识。

②结合诊疗项目实际，综合运用时间、距离与屏蔽防护措施。

③介入手术/检查中，佩戴好个人防护用具。

④必须开展介入诊疗手术医生的个人剂量监测。

⑤发现问题及时整改。

同时，医生在为患者实施介入治疗时还须采取以下防护措施：

①时间防护：在满足诊断要求的前提下，在每次使用射线装置进行诊断之前，根据诊断要求和病人实际情况制定最优化的诊断方案，选择合理可行尽量低的射线照射参数，以及尽量短的曝光时间，减少工作人员和相关公众的受照射时间，也避免病人受到额外剂量的照射。

②距离防护：对患者非投照部位做好保护工作，在不影响工作质量的前提下，尽可能加大患者与射线装置的距离。DSA-CT复合手术室的技师采取隔室操作方式，控制室与手术室之间以墙体隔开，通过观察窗观察病人情况，通过对讲机与病人交流。

③防护用品：辐射工作人员在诊疗过程中应自行穿戴相应铅防护用品，并使用铅防护用品遮挡患者非诊疗部位。

- ④缩小照射野：在不影响操作的前提下尽量缩小照射野。
- ⑤缩短物片距：尽量让影像增强器或平板靠近患者，减少散射线。
- ⑥在不影响图像质量和诊疗需要的前提下，尽量使用低剂量。
- ⑦定期维护介入设备；制定和执行介入诊疗中的质量保证计划。

根据《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲》，建设单位应制定且不断完善《射线装置操作规程》，并严格按照该规程操作。在该规程中明确规定：辐射工作人员必须佩戴个人剂量计、个人剂量报警仪及铅防护用品，在介入诊疗中必须认真做好自身的防护工作，同时介入诊疗中必须做好患者的防护工作。

### 2.3 DSA-CT 复合手术室辐射防护屏蔽及尺寸：

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）表3，DSA-CT复合手术室屏蔽防护铅当量厚度应满足标称电压下等效铅当量要求。

本项目 DSA-CT 复合手术室设计的屏蔽参数见表 1。根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）公式 C.1、C.2 以及附录表 C.2 可知。

辐射透射因子 B：

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

B——给定材质厚度的屏蔽透射因子；

X——材质厚度（mm）；

$\alpha$ ——材质对不同管电压 X 射线衰减的有关的拟合参数；

$\beta$ ——材质对不同管电压 X 射线衰减的有关的拟合参数；

$\gamma$ ——材质对不同管电压 X 射线衰减的有关的拟合参数。

铅当量厚度 X：

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

B——给定材质厚度的屏蔽透射因子；

X——铅厚度（mm）；

$\alpha$ ——铅对不同管电压 X 射线衰减的有关的拟合参数；

$\beta$ ——铅对不同管电压 X 射线衰减的有关的拟合参数；

$\gamma$ ——铅对不同管电压 X 射线衰减的有关的拟合参数。

虽然根据机器特性,针对 DSA 主要考虑散射线和泄漏射线影响,CT 主要考虑主射线的影响,且 CT 的电压大于 DSA,因此保守估计,在折合铅当量时,按照 CT 最大有用线束管电压(140kV)进行铅当量折算。

表 10-2 铅、混凝土对最大管电压的 X 射线(有用线束)辐射衰减拟合参数

管电压 140kV			
材料	$\alpha$ (mm <sup>-1</sup> )	$\beta$ (mm <sup>-1</sup> )	$\gamma$ (mm <sup>-1</sup> )
铅	2.009	5.916	0.4018
混凝土	0.03345	0.07476	1.047

本项目浇筑的标准混凝土密度为 2.35g/cm<sup>3</sup>;使用的铅板密度为 11.3g/cm<sup>3</sup>;标准钡水泥密度为 3.2g/cm<sup>3</sup>,本项目硫酸钡水泥密度为 2.88g/cm<sup>3</sup>,根据密度折算出,本项目 50mm 硫酸钡水泥相当于约 45mm 标准钡水泥。

本项目硫酸钡水泥铅当量采用什值层折算,什值层取值采用《辐射防护手册》(第三分册,李德平、潘自强主编)P64 表 3.5,由于表中没有 140kV 下的数据,因此采用 100kV 和 150kV 插值得取,插值得出 140kV 铅的什值层为 9.52E-01mm,差值得出钡水泥的什值层为 12.60mm。首先算出 45mm 钡水泥下的透射因子: $10^{-45/12.6}=2.68E-04$ ,其次公式倒推得到铅当量: $2.68E-04=10^{-X/0.952}$ ,计算得出铅当量 X 等于 3.40mm。

根据公式 1、2 将各屏蔽材料折算成对应管电压下等效屏蔽铅当量,结果见表 10-3。

表 10-3 本项目 DSA-CT 复合手术室及 CT 诊断区屏蔽、尺寸参数及防护措施铅当量合规评价

DSA-CT 复合手术室				
屏蔽方位	设计屏蔽材料及屏蔽厚度	等效屏蔽效果	屏蔽要求	评价
四周墙体	4mmPb 铅板	<b>4mm 铅当量</b>	CT 机房(不含头颅移动 CT)屏蔽防护铅当量厚度要求:有用线束方向与非有用线束方向铅当量 2.5mm。	满足
楼板	120mm 混凝土+4mm 铅板	<b>1.25mm 铅当量 +4mm 铅当量 =5.25mm 铅当量</b>		满足
地面	120mm 混凝土+50mm 硫酸钡水泥	<b>1.25mm 铅当量 +3.40mm 铅当量 =4.65mm 铅当量</b>		满足
观察窗(1 扇)	20mm 厚铅玻璃观察窗	<b>4mm 铅当量</b>		满足
防护门(5 扇)	4mmPb 铅板	<b>4mm 铅当量</b>		满足
手术室尺寸	有效使用面积为 59.84m <sup>2</sup> (最小单边长为 6.80m)		CT 机房(不含头颅移动 CT)最小有效使用面积为 30m <sup>2</sup> ,机房内最小单边长度为 4.5m	满足

CT 诊断区				
屏蔽方位	设计屏蔽材料及屏蔽厚度	等效屏蔽效果	屏蔽要求	评价
四周墙体	4mmPb 铅板	4mm 铅当量	CT 机房(不含头颅移动 CT)屏蔽防护铅当量厚度要求:有用线束方向与非有用线束方向铅当量 2.5mm。	满足
楼板	120mm 混凝土+4mmPb 铅板	1.25mm 铅当量+4mm 铅当量=5.25mm 铅当量		满足
地面	120mm 混凝土+4mmPb 铅板	1.25mm 铅当量+4mm 铅当量=5.25mm 铅当量		满足
观察窗(1 扇)	20mm 厚铅玻璃观察窗	4mm 铅当量		满足
防护门(4 扇)	4mmPb 铅板	4mm 铅当量		满足
手术室尺寸	有效使用面积为 51.00m <sup>2</sup> (最小单边长为 6.80m)		CT 机房(不含头颅移动 CT)最小有效使用面积为 30m <sup>2</sup> , 机房内最小单边长度为 4.5m	满足
拟配备防护用品				
吊屏/铅帘	/	0.50mm 铅当量	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; 甲状腺、性腺防护用品铅当量应不小于 0.5mmPb;	满足
铅衣	/	0.50mm 铅当量		
铅屏/铅帘+铅衣	/	1.00mm 铅当量		
铅手套	/	0.1mm 铅当量		
<p>本次评价采用的《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)给出的不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求。CT 所需防护条件大于 DSA 所需防护条件, 且经对比后, DSA-CT 复合手术室及 CT 诊断区有用束和非有用束方向均大于为 2.5mm 铅当量; 本项目 DSA-CT 复合手术室及 CT 诊断区的屏蔽防护满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)中屏蔽防护铅当量厚度的要求。本项目机房面积和最小单边长均满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)中要求机房内最小有效使用面积为 30m<sup>2</sup>, 机房内最小单边长度为 4.5m。</p>				
<h3>2.4 辐射安全措施</h3> <p>(1) <b>警示标志及联锁装置:</b> 拟在所有防护门朝向室外的一面均将张贴电离辐射警告标志, 防护门上方将设置醒目的工作状态指示灯, 灯箱上有“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句, 拟在监督区入口处张贴监督区标志, DSA-CT 复合手术室室外就近位置张贴或悬挂《放射防护注意事项告知栏》, 工作状态指示灯能与防护门有效</p>				

关联，门关上灯亮，门打开灯灭。

**(2) 急停按钮和系统登录：**本项目室内 DSA 和 CT 自带的停机按钮及控制台自带的停机按钮（切断设备电源，拟设置中文标识），在机器故障时可摁下避免意外照射。射线装置启动软件自带安全登录系统，只能通过账户密码安全身份登录才能开启设备。

**(3) 闭门装置及紧急开门按钮：**DSA-CT 复合手术室和 CT 诊断区平开门拟安装自动闭门装置；拟在 DSA-CT 复合手术室和 CT 诊断区内侧靠近患者防护门位置设置有紧急开门按钮（拟设置中文标识），如有事故发生时，能够按下按钮从内部离开手术室。

**(4) 防夹措施：**DSA-CT 复合手术室和 CT 诊断区电动门拟设置防夹装置。

**(5) 对讲装置：**DSA-CT 复合手术室和 CT 诊断区与控制连廊拟设置对讲装置，便于 DSA-CT 复合手术室和 CT 诊断区内的人员与技师沟通与交流。

**(6) 防护用品：**DSA-CT 复合手术室内开展手术或检查时，通常室内只有医师、护师和患者，DSA-CT 复合手术室内最多 4 名医护人员，因此建设单位拟为 DSA-CT 复合手术室的医护人员配备 4 套 0.5mm 铅当量的防护铅衣、防护铅围脖、铅帽、铅眼镜以及 0.1mm 铅当量铅手套；拟为患者配备 1 套 0.5mm 铅当量的防护用品。本项目 DSA 自带患者位防护铅帘，铅当量为 0.5mm。以上防护用品配备情况满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求，因此预计上述措施能够有效降低手术室内辐射工作人员和病人的吸收剂量，起到屏蔽防护效果。

**(7) 监测仪器：**建设单位拟配备有 1 台便携式辐射监测仪器用于院区各辐射工作场所的自行监测。拟为 DSA-CT 复合手术室配备 4 台个人剂量报警仪和 32 套个人剂量计。建设单位未来亦将继续为所有新增到本项目的人员安排个人剂量监测和职业健康体检。

**(8) 管理机构：**成都市妇女儿童中心医院已设立以院领导为组长的辐射安全与环境保护机构。

**(9) 管理制度：**本项目建设单位涉及使用 II 类和 III 类射线装置，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”和《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》（川环函〔2016〕1400 号），建设单位需将本项目纳入辐射安全管理制度，目前建设单位已按照要求制定原有核技术利用项目相应制度并下发至全

院，本项目开展前应补充针对本项目涉及的相关章程加以完善。

**(10) 制度悬挂：**建设单位原有辐射工作场所均已按照《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》（川环函〔2016〕1400号）要求张贴符合尺寸的各项制度。拟将本项目规章制度在辐射工作场所合适位置进行张贴。

**(11) 灭火器材：**根据《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲》（川环函〔2016〕1400号）要求，拟为DSA-CT复合手术室配备灭火器材。

## 2.5 辐射工作场辐射安全防护设施

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）和《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》（川环函〔2016〕1400号）对II类医用射线装置的要求，本次评价根据建设单位采取的辐射安全措施进行了对照分析，III类射线装置参考执行，具体情况见表 10-4：

表 10-4 医院辐射安全防护设施对照分析表

项目	规定的措施和制度	落实情况	应增加措施	
DSA-CT 复合手 术室	墙体屏蔽	四周 墙体	/	拟增加 4mmPb 铅板
		顶部	120mm 混凝土	拟增加 4mmPb 铅板
		地面	120mm 混凝土	拟增加 50mm 硫酸钡水泥
	观察窗	/	拟设置 1 扇 20mm 厚铅玻璃	

			(4mm 铅当量)	
	防护门	/	拟设置 5 扇 4mmPb 铅板铅防护门	
	操作位局部屏蔽 防护措施	设备自带铅帘及铅吊屏	/	
	通风设施	/	拟设置 1 套通排风系统	
	急停按钮	设备自带 (DSA 床旁 和控制台各 1 个)	/	
	门灯连锁 (含工作 状态指示灯)	/	5 扇防护门各设置一个, 共 5 个	
	对讲装置	/	1 套	
	控制区入口处电 离辐射警告标志	/	5 扇防护门上各设置一个, 共 5 个	
	监督区标志	/	患者通道防护门外地上门宽×1m 范围内、污物通道防护门外地上门宽×1m 范围内、医护通道门外地上门宽×1m 范围内、DSA 辅助用房门外地上门宽×1m 范围内、CT 设备间门外地上门宽×1m 范围内, 共 5 个	
	闭门装置	/	医护通道防护门、污物通道防护门, 共 2 个	
	防夹装置	/	患者通道防护门、西侧 MR 检查室防护门、东侧 CT 停车间防护门, 共 3 个	
	1 套灭火器材 (无 磁灭火器)	/	1 套	
	放射防护注意事 项告知栏	/	1 套, 患者通道防护门上	
	制度牌		1 套, 控制室内	
CT 诊断 区	墙体屏 蔽	四周墙 体	/	拟增加 4mmPb 铅板
		顶部	120mm 混凝土	拟增加 4mmPb 铅板
		地面	120mm 混凝土	拟增加 4mmPb 铅板
		观察窗	/	拟设置 1 扇 20mm 厚铅玻璃 (4mm 铅当量)
		防护门	/	拟设置 4 扇 4mmPb 铅板铅防护门
		操作位局部屏蔽 防护措施	/	/
		通风设施	/	拟设置 1 套通排风系统
		急停按钮	设备自带 (CT 床旁和 控制台各 1 个)	/
		门灯连锁 (含工作 状态指示灯)	/	4 扇防护门各设置一个, 共 4 个
		对讲装置	/	1 套
		控制区入口处电 离辐射警告标志	/	4 扇防护门上各设置一个, 共 4 个

	监督区标志	/	患者通道防护门外地上门宽×1m 范围内、污物通道防护门外地上门宽×1m 范围内、医护通道门外地上门宽×1m 范围内，共 3 个
	闭门装置	/	医护通道防护门、污物通道防护门，共 2 个
	防夹装置	/	患者通道防护门、西侧 CT 停车间防护门，共 2 个
	1 套灭火器材（无磁灭火器）	/	1 套
	放射防护注意事项告知栏	/	1 套，患者通道防护门上
	制度牌		1 套，控制室内
监测设备	便携式辐射监测仪	/	拟配备 1 台
	个人剂量计	/	拟为本项目配备 32 套
防护用品	医护人员	/	拟配备 4 套医护防护用品（铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套）
	患者防护	/	1 套患者防护用品（医院配备铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套）

### 三废的治理

#### 1. 施工期三废治理

##### 1.1 废气

施工过程中产生的废气，属于无组织排放，主要通过施工管理和采取洒水等措施来进行控制。

##### 1.2 噪声

施工期噪声包括铺设电路时机器碰撞以及装修产生的噪声，由于施工范围小，施工期较短，施工噪声对周围环境的影响较小。且禁止夜间施工，尽可能选用噪音较小的施工设备。

##### 1.3 废水

施工期产生的废水主要包括施工废水和施工人员的生活污水、废水经过院区已建的污水处理站处理达标后排放入市政污水管网，送成都市第九净水厂处理。

##### 1.4 固体废物

施工中固体废物主要为建筑废料、装修过程中产生的装修垃圾以及施工人员产生的生活垃圾，建筑垃圾运至指定的建筑垃圾处置点堆放，生活垃圾经过袋装收集后，

由环卫部门统一运送到垃圾处理场集中处理。

## 2. 运营期三废治理

### 2.1. 废水

本项目射线装置采用先进的实时成像系统，注入的造影剂不含放射性，无废显影液和定影液产生；未使用已过期的造影剂（输液瓶包装）为药物性废物，按照流转送至院区医疗废物暂存间作为医废暂存，交由当地有资质的单位统一处理；本项目运行后，废水主要为辐射工作人员和患者产生的生活污水。

处理措施：医疗废水和生物污水经管道收集后排入院区的污水处理站，然后由“格栅+调节+生物接触氧化+二沉池+次氯酸钠消毒”工艺组成处理达到《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005)表 2 中的预处理标准限值，再排入市政污水管网，再进入成都市第九净水厂进一步处理达标后排入锦江。

### 2.2 废气

本项目 DSA-CT 复合手术室和 CT 诊断区均采用净化风机盘管系统+排风+独立新风系统的舒适性空调，采用上送上回、上排方式，DSA-CT 复合手术室新风口位于吊顶中部，排风口位于吊顶东部，设计新风量为 2000m<sup>3</sup>/h，排风量为 350m<sup>3</sup>/h。CT 诊断区新风口位于吊顶中部，排风口位于吊顶西部，设计新风量为 1200m<sup>3</sup>/h，排风量为 350m<sup>3</sup>/h。DSA-CT 复合手术室和 CT 诊断区吊顶以下体积分别为 179.52m<sup>3</sup> 和 153.00m<sup>3</sup>，每小时通风次数约 2 次，因此 DSA-CT 复合手术室和 CT 诊断区所采用的通排风措施符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“机房应设置动力排风装置，并保持良好的通风”的要求。DSA-CT 复合手术室和 CT 诊断区室内的废气通过风管由排风机引至科技综合楼设备夹层室外排放，排口高度距地 9.6m。另外，为防止射线泄漏，排风管穿孔位置四周使用 4mm 铅板进行包裹。

本项目数字减影血管造影机（DSA）和 CT 工作时会使周围空气电离产生极少量臭氧和氮氧化物，臭氧在常温常压下稳定性较差，可自行分解为氧气，因此数字减影血管造影机（DSA）和 CT 运行过程中产生的少量臭氧和氮氧化物对周围环境空气影响较小。

### 2.3 固废

本项目运行后不会产生放射性固体废物，预计将产生废造影剂、废造影剂瓶、废药棉、废纱布、废手套及废医用器具等医疗废物。本项目射线装置采用数字成像，将

根据病人的需要打印胶片，打印出来的胶片由病人带走自行处理，不产生废胶片。介入手术时产生的医疗废物将采用专用容器集中收集后转移至科技综合楼 2 楼东北侧的污物暂存，再转移至院区的医疗废物暂存间，按照医疗废物执行转移联单制度，委托当地有资质单位定期处置。本项目辐射工作人员和患者产生的生活垃圾分类统一集中收集后，由当地环卫部门统一清运。

### 3. 噪声

本项目产噪设备不多（主要为通风系统），声级较小，噪声影响不大。且风机等设备均位于设备房内，噪声源通过使用合理布局、使用低噪声设备、安装减震垫、建筑物隔声等措施降噪，对周围环境影响较小。

### 4. 射线装置报废处理

根据《四川省辐射污染防治条例》：射线装置在报废处置时，使用单位应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化。

本项目使用的数字减影血管造影机（DSA）和 CT 在进行报废处理时，将该射线装置的高压射线管进行拆解和去功能化，同时将射线装置的主机电源线绞断，使射线装置不能正常通电，防止二次通电使用，造成误照射。

### 环保设施及投资

本项目总投资 3000 万元，其中环保投资 110.75 万元，占总投资约 3.69%。具体环保设施及投资见表 10-5。

表 10-5 本项目环保预算一览表

项目	环保措施	投资 (万元)
辐射屏蔽措施	防护工程、表面装修	80
	9 扇铅防护门	20.0
	2 扇控制室观察窗	2.0
通排风系统	2 套通排风系统	4.0
安全措施	9 套工作状态指示灯	0.2
	9 套门灯联锁	0.4
	DSA 床体和控制台各自带 1 个急停按钮, CT 床体和控制台各自带 1 个急停按钮	/
	4 个闭门装置	0.2
	2 个开门按钮	0.02
	2 套对讲系统	0.2
	5 个防夹装置	0.3
	DSA-CT 复合手术室 5 个电离辐射警告标志和监督区标志 5 个人, CT 诊断区 4 个电离辐射警告标志和监督区标志 3 个	0.01

	1 套灭火器材	0.1
	放射防护注意事项告知栏和制度牌 2 套	0.02
防护用品	4 套医护防护用品及 1 套患者防护用品	1.2
监测仪器	射线装置辐射工作场所监测费用	定期投入
	便携式辐射监测仪 1 台	1.5
	个人剂量报警仪 4 台	0.6
	32 套个人剂量计	定期投入
其他	辐射工作人员、管理人员及应急人员的考试差旅费	定期投入
	医疗废物处理	定期投入
	合计	110.75

注：定期投入项目由未来招标确定每年价格，未纳入合计

表 11 环境影响分析

**建设阶段对环境的影响**

本项目所在的科技综合楼已获得成都市青羊生态环境局《关于成都市妇女儿童中心医院科技综合楼项目环境影响报告表审查的批复》（成青环审〔2023〕9号）。本项目所在主体建筑的施工期阶段环境影响已在院区环评中详细描述。

本项目施工期主要为防护工程、表面装修、射线装置安装与调试，可能的污染因素主要为常规环境要素（施工废水、施工废气、施工噪声及施工固体废弃物影响）。射线装置安装时不通电源，因此不会对周围环境产生辐射污染，但在调试时将产生一定辐射污染，设备安装完成后，会有少量的废包装材料产生。

**1. 施工期对环境产生如下影响：****（1）施工期大气环境影响分析**

建设阶段的大气污染源主要为防护改造和防护装修阶段产生的扬尘，但影响仅局限在施工现场附近区域。针对上述大气污染已采取以下措施：

- a) 及时清扫施工场地，并保持施工场地一定的湿度；
- b) 车辆在运输建筑材料时尽量采取遮盖、密闭措施，以减少沿途抛洒；
- c) 施工路面保持清洁、湿润，减少地面扬尘。

**（2）施工期废水环境影响分析**

施工期间，有一定量含有泥浆的建筑装修废水产生，项目施工期施工人员污水产生量很少。施工人员产生的少量生活废水进入建设单位原有的污水处理系统处理后进入城市污水管网，项目施工期废水对外环境影响较小。

**（3）施工期噪声环境影响分析**

施工期的噪声污染源主要为电锤、电钻等设备产生，声源强度在 65~95dB(A)，会造成局部时段边界噪声超标，因此，项目施工期间应加强管理，尽量在无人的周末进行施工。且在施工时严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）的标准规定，将噪声降低到最低水平；禁止夜间施工。影响将随着施工期结束消除。

**（4）施工期固体废物影响分析**

施工期的固体废物主要是装修垃圾和生活垃圾。其中生活垃圾约 5kg/d。建设单位已在施工场地出入口设置临时垃圾桶，生活垃圾经统一收集后由环卫部门统一清运处理，并做好清运工作中的装载工作，防止垃圾在运输途中散落。建筑材料可回收利

用部分重新利用后剩余的建筑垃圾集中收集，由建设单位外运至市政部门指定的垃圾堆放场。故项目施工期间产生的固废对周边环境产生影响较小。

## 2. 安装调试期对环境会产生如下影响：

安装调试期对于环境主要影响为 X 射线辐射、微量的臭氧及氮氧化物以及包装材料等固废。本项目射线装置的安装与调试已由设备厂家安排的专业人员完成。在设备安装调试阶段，建设单位已加强辐射防护管理，避免了发生辐射事故。

由于设备的安装和调试均在手术室内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可以接受的。设备安装完成后，建设单位已回收包装材料及其他固体废物，作为一般固体废物进行处置。

总之，建设项目施工期和安装调试期对环境产生的上述影响均为短期的，建设项目建成后，影响将自行消除。建设单位和施工单位在施工过程中只要切实落实对施工产生的三废及噪声的管理和控制措施，施工期的环境影响将得到有效控制，建设项目施工期对周围环境影响较小。

## 运行阶段对环境的影响

### 1. 防护条件评估

由表 10-3 可知，本项目 DSA-CT 复合手术室六面防护的等效铅当量、手术室有效使用面积及最小单边长均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求，因此 DSA-CT 复合手术室屏蔽预计能够满足防护要求。

### 2. 辐射环境影响分析

#### 2.1 辐射种类和计算方法

由 DSA 和 CT 工作原理可知，DSA 和 CT 只有在开机并处于出束状态时才会发出 X 射线，故 DSA 和 CT 在开机期间，X 射线是项目主要污染物，利用 X 射线进行介入诊断和治疗的同时，射线装置将产生有用线束、泄漏射线、散射射线。考虑到射线装置使用方法，本项目 DSA 出束方向由下至上，因此顶板受有用线束影响，其余四周墙体、地面则受泄漏射线、散射射线的影响；CT 出束方向朝上、朝下、朝北和朝南。

本项目引用《辐射防护手册》（第一分册，李德平、潘自强主编）进行理论预估。《辐射防护手册》由核工业部安全防护卫生局和原子能出版社共同组织编写，涉及范围广泛，主要讨论了环境辐射标准、环境监测、剂量计算和三废治理等，应用于我国核能事业及辐射和放射性同位素在工业、农业及医学等多个领域，能很好地满足从事

辐射防护工作的广大科技人员的实际需要。

本项目理论预测采用《辐射防护手册》（第一分册，李德平、潘自强主编）中10.3对于X射线机的屏蔽计算方式10.8和10.10演变可得。

## 2.2 计算条件

### 2.2.1 评估参数选取

根据表 9 可知，本项目 DSA 透视时距离机头 1m 处空气比释动能率为  $7.44\text{E}+06\mu\text{Gy/h}$ ，拍片时距离机头 1m 处空气比释动能率为  $1.86\text{E}+08\mu\text{Gy/h}$ 。泄漏射线源强取  $1.00\text{E}+03\mu\text{Gy/h}$ 。本项目 CT 拍片时距离机头 1m 处空气比释动能率为  $1.71\text{E}+05\mu\text{Gy/h}$ 。

### 2.2.2 散射线能量

由于屏蔽体透射因子的取值与射线的能量有关，根据《辐射防护手册》（第一分册，李德平、潘自强主编）P448中可知，射线经过散射后，其能量由下列推导。

$$E = \frac{E_0}{1 + \frac{E_0(1 - \cos\theta)}{511}} \text{-----公式3}$$

根据上式计算得出，本项目射线装置在管电压为90kV时， $\theta=90^\circ$ 时的散射线能量约为77kV，本项目近似取80kV进行评估；120kV下的散射能量约为97kV，本项目保守取100kV进行评估。

单位转换系数参考《外照射放射防护剂量转换系数标准》（WS/T 830-2024）表 G.1，由80kV和100kV插值获得90kV下空气比释动能到周围剂量当量的转换系数为1.69，由100kV和150kV插值获得120kV下空气比释动能到周围剂量当量的转换系数为1.59。

### 2.2.3 透射因子

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录文献可得不同管电压下不同材质的拟合参数，见表 11-1。

表 11-1 铅、混凝土不同管电压 X 射线辐射衰减拟合参数

材料	$\alpha$ ( $\text{mm}^{-1}$ )	$\beta$ ( $\text{mm}^{-1}$ )	$\gamma$ ( $\text{mm}^{-1}$ )
（有用线束/泄漏射线）管电压 90kV			
铅	3.067	18.83	0.7726
混凝土	0.04228	0.1137	0.4690
（有用线束/泄漏射线）管电压 120kV			
铅	2.246	8.950	0.5873
混凝土	0.03566	0.07109	0.6073

(散射线) 管电压 70kV			
铅	5.369	23.49	0.5883
混凝土	0.0509	0.1697	0.3849
(散射线) 管电压 100kV			
铅	2.507	15.33	0.9124
混凝土	0.0395	0.0844	0.5191
(散射线) 管电压 150kV			
铅	1.791	5.478	0.5678
混凝土	0.0324	0.0775	1.566

铅及混凝土的铅当量计算公式采用《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)中的公式 C.1 (表 10 公式 2), 有用线束、泄漏射线的相应参数根据 NCRP147 号表 A.1 中取 90kV 和 100kV 下对应的数值; 散射射线的相应参数根据 NCRP147 号表 C.1 中不同电压下对应的数值, 但由于在 NCRP147 号表 C.1 中未列出散射射线 90kV 和 120kV 下对应的数值, 因此本报告表中采用 70kV、100kV、150kV 计算得到的透射因子, 再用插值法获取 90kV 和 120kV 的透射因子。

硫酸钡水泥的铅当量采用什值层折算, 什值层取值采用《辐射防护手册》(第三分册, 李德平、潘自强主编) P64 表 3.5。由于本项目 DSA 和 CT 均会在 DSA-CT 复合手术室内出束, 且两台射线装置工况不同, 故分别计算两台射线装置出束时硫酸钡水泥等效铅当量。

计算 DSA 时, 采用 50kV 和 100kV 插值得出 90kV 铅的什值层为 0.708mm, 90kV 钡水泥的什值层为 6.68mm; 80kV 铅的什值层为 0.576mm, 80kV 钡水泥的什值层为 6.36mm。算出 90kV 下 45mm 钡水泥下的透射因子:  $10^{-45/6.68}=1.83E-07$ , 其次公式倒推得到铅当量:  $1.83E-07=10^{-X/0.708}$ , 计算得出铅当量 X 等于 **4.77mm**; 算出 80kV 下 45mm 钡水泥下的透射因子:  $10^{-45/6.36}=8.40E-08$ , 其次公式倒推得到铅当量:  $8.40E-08=10^{-X/0.576}$ , 计算得出铅当量 X 等于 **4.08mm**;

计算 CT 时, 150kV 铅的什值层为 0.96mm, 150kV 钡水泥的什值层为 14mm, 100kV 铅的什值层为 0.84mm, 100kV 钡水泥的什值层为 7mm, 采用 150kV 和 100kV 插值得出 120kV 铅的什值层为 0.896mm, 120kV 钡水泥的什值层为 9.8mm; 算出 120kV 下 45mm 钡水泥下的透射因子:  $10^{-45/9.8}=2.56E-05$ , 其次公式倒推得到铅当量:  $2.56E-05=10^{-X/0.888}$ , 计算得出铅当量 X 等于 **4.08mm**; 同理算出 100kV 下 45mm 钡水泥下的透射因子:  $10^{-45/7}=3.73E-07$ , 其次公式倒推得到铅当量:  $3.73E-07=10^{-X/0.84}$ , 计算得出铅当量 X 等于 **5.40mm**。

四周墙体根据表 11-1 中的参数代入公式 1 进行透射因子计算或者插值计算; 对

于顶板和地面，根据表 11-1 代入公式 2 获得混凝土的铅当量，硫酸钡水泥的铅当量采用什值层折算，什值层取值采用《辐射防护手册》（第三分册，李德平、潘自强主编）P64 表 3.5。二者合计之后根据表 11-1 中的参数由公式 1 获得本项目透射因子。

DSA-CT 复合手术室和 CT 诊断区铅当量及透射因子计算结果详见表 11-2。

表 11-2 DSA-CT 复合手术室和 CT 诊断区屏蔽参数及辐射透射因子一览表

射线装置	屏蔽方位	实际屏蔽材料及屏蔽厚度	散射线（80kV）		有用线束/泄漏射线（90kV）	
			铅当量	透射因子	铅当量	透射因子
DSA	四周墙体	4mmPb 铅板	4mm	3.43E-06	4mm	3.69E-07
	顶板	120mm 混凝土+4mmPb 铅板	/	/	1.69mm+4mm+0.85mm=6.54mm	1.53E-10
	地面	120mm 混凝土+50mm 硫酸钡水泥	1.67mm+4.08mm=5.75mm	4.26E-08	1.69mm+4.77mm=6.46mm	1.95E-10
	观察窗（1扇）	20mm 厚铅玻璃观察窗	4mm	3.43E-06	4mm	3.69E-07
	防护门（5扇）	4mm 铅板	4mm	3.43E-06	4mm	3.69E-07
	拍片时	4mm 铅当量+0.5mm 铅当量	4.5mm	9.78E-07	4.5mm	7.96E-08
防护用品	吊屏/铅帘/铅衣	0.5mm 铅当量	0.5mm	3.32E-02	0.5mm	2.52E-02
	铅衣+铅帘	0.5mm 铅当量+0.5mm 铅当量	1.0mm	7.09E-03	1.0mm	4.08E-03
	铅手套	0.1mm 铅当量	0.1mm	2.65E-01	0.1mm	2.51E-01
射线装置	屏蔽方位	实际屏蔽材料及屏蔽厚度	散射线（100kV）		有用线束/泄漏射线（120kV）	
			铅当量	透射因子	铅当量	透射因子
CT	四周墙体	4mmPb 铅板	4mm	3.00E-05	4mm+0.85mm=4.85mm	1.21E-06
	顶板	120mm 混凝土+4mmPb 铅板	/	/	1.54mm+4mm+0.85mm=6.39mm	3.80E-08
	DSA-CT 复合手术室地面	120mm 混凝土+50mm 硫酸钡水泥	/	/	1.54mm+4.08mm+0.85mm=6.47mm	3.17E-08
	CT 诊断区地面	120mm 混凝土+4mmPb 铅板	/	/	1.54mm+4mm+0.85mm=6.39mm	3.80E-08
	观察窗（1扇）	20mm 厚铅玻璃观察窗	/	/	4mm+0.85mm=4.85mm	1.21E-06
	防护门（5扇）	4mm 铅板	4mm	3.00E-05	4mm+0.85mm=4.85mm	1.21E-06

注：由于DSA-CT复合手术室和CT诊断区六面屏蔽防护只有地面不一样，其余完全一致，故仅对CT进行不同地面防护条件的透射因子计算。根据NCRP 147号报告《针对医用X射线影像设备的结构防护设计》P44：Dixon在1994年，Dixon和Simpkin在1998年的年度AAPMTG系列报告中给出了硬件设施的等效铅当量。由文中表4-6可得，影像接收器等硬件设施的等效铅当量为0.85mm。

### 2.2.4 利用因子和居留因子

计算时按照射线装置机头拟放置位置确定到达关注点距离，根据《放射医学中的辐射防护》(Radiation Protection in Medical Radiography, Mary Alice Statkiewicz Sherer, 6th Edition. Mosby, 032010,p300) 对于利用因子一律取1。另根据GBZ121-2020附录A对本项目保护目标所在场所的居留因子进行取值。

表11-3 本项目居留因子取值一览表

场所	居留因子取值	备注
控制连廊	1	全居留
MR 检查室	1/4	部分居留典型值
污物通道	1/4	部分居留典型值
DSA 辅助用房	1/16	偶然居留典型值
CT 停车间	1/16	偶然居留典型值
CT 设备间	1/16	偶然居留典型值
设备夹层	1/16	偶然居留典型值
决策分析中心、教研室、前沿技术试验分中心	1	全居留
院区道路	1/16	部分居留典型值
行政楼	1	全居留
光华东一路	1/16	部分居留典型值
光华东一路旁地面停车场	1/16	偶然居留典型值

### 2.2.5 计算公式

本项目DSA-CT复合手术室对于DSA而言，楼上考虑有用线束影响，四周、楼下考虑散射线和泄漏射线影响；对于CT而言，楼上、楼下、北侧、南侧考虑有用线束影响，东侧和西侧考虑散射线和泄漏射线影响。CT诊断区楼上、楼下、北侧、南侧考虑有用线束影响，东侧和西侧考虑散射线和泄漏射线影响。

#### (1) 有用线束辐射影响计算公式

采用《辐射防护手册》(第一分册, 李德平、潘自强主编) 中10.3对于X射线机的屏蔽计算公式10.8和10.10进行推导:

$$H_{pr} = \frac{H_{1m} \cdot B}{r_x^2} \quad \text{-----公式 4}$$

式中:

$H_{pr}$ : 关注点处的有用线束的空气比释动能率,  $\mu\text{Gy/h}$ ;

$H_{1m}$ : 距离靶点1m处空气比释动能率,  $\mu\text{Gy/h}$ ,

B: 屏蔽透射因子, 见表11-2;

$r_x$ : 受照体与关注点的距离, 见图 11-1、图 11-2、图 11-3、图 11-4、图 11-5。

(2) 散射线辐射影响计算公式

散射线在关注点的造成的空气比释动能率计算, 可参照《辐射防护手册》(第一分册) 公式 10.10 采用以下公式:

$$H_{sr} = \frac{H_{1m} \cdot \mu \cdot (s/400) \cdot \alpha \cdot B}{(d_0)^2 (d_s)^2} \text{-----公式5}$$

$H_{sr}$ : 关注点处的散射线的空气比释动能率,  $\mu\text{Gy/h}$ ;

$H_{1m}$ : 距靶点 1m 处空气比释动能率,  $\mu\text{Gy/h}$ ;

$\mu$ : 利用因子, 它表示射线被利用的程度, 也就是有用射线束指向有关照射点的工作负荷分数, 本项目取 1;

$B$ : 屏蔽墙对散射线的屏蔽透射因子, 见表 11-2;

$\alpha$ : 相对于  $400\text{cm}^2$  散射面积的受照物对入射 X 射线的散射比, 根据《辐射防护手册》(第一分册, 李德平、潘自强主编) 中表 10.1, 对于 90kV 的 X 射线取  $1.03\text{E}-03$ , 对于 120kV 的 X 射线取  $1.46\text{E}-03$ ;

$s$ : 散射面积, 本项目以儿童先天性心脏病和子宫动脉栓塞术为例进行理论计算, 散射面积取  $100\text{cm}^2$ ;

$d_0$ : 源与受照体的距离, 本项目取 1.0m;

$d_s$ : 受照体与关注点的距离, 对于第一术者位为 0.5m、第二术者位为 0.8m, 护士位为 1.0m, 其余点位见图 11-1、图 11-2、图 11-3、图 11-4、图 11-5。

(3) 泄漏射线辐射影响参数

泄漏射线对于屏蔽体外关注点的辐射影响计算公式为:

$$H_{LR} = \frac{H_L \cdot B}{r^2} \text{-----公式6}$$

式中:

$H_{LR}$ : 关注点处的泄漏辐射空气比释动能率,  $\mu\text{Gy/h}$ ;

$H_L$ : 距靶点 1m 处泄漏射线的剂量率,  $\mu\text{Gy/h}$ ;

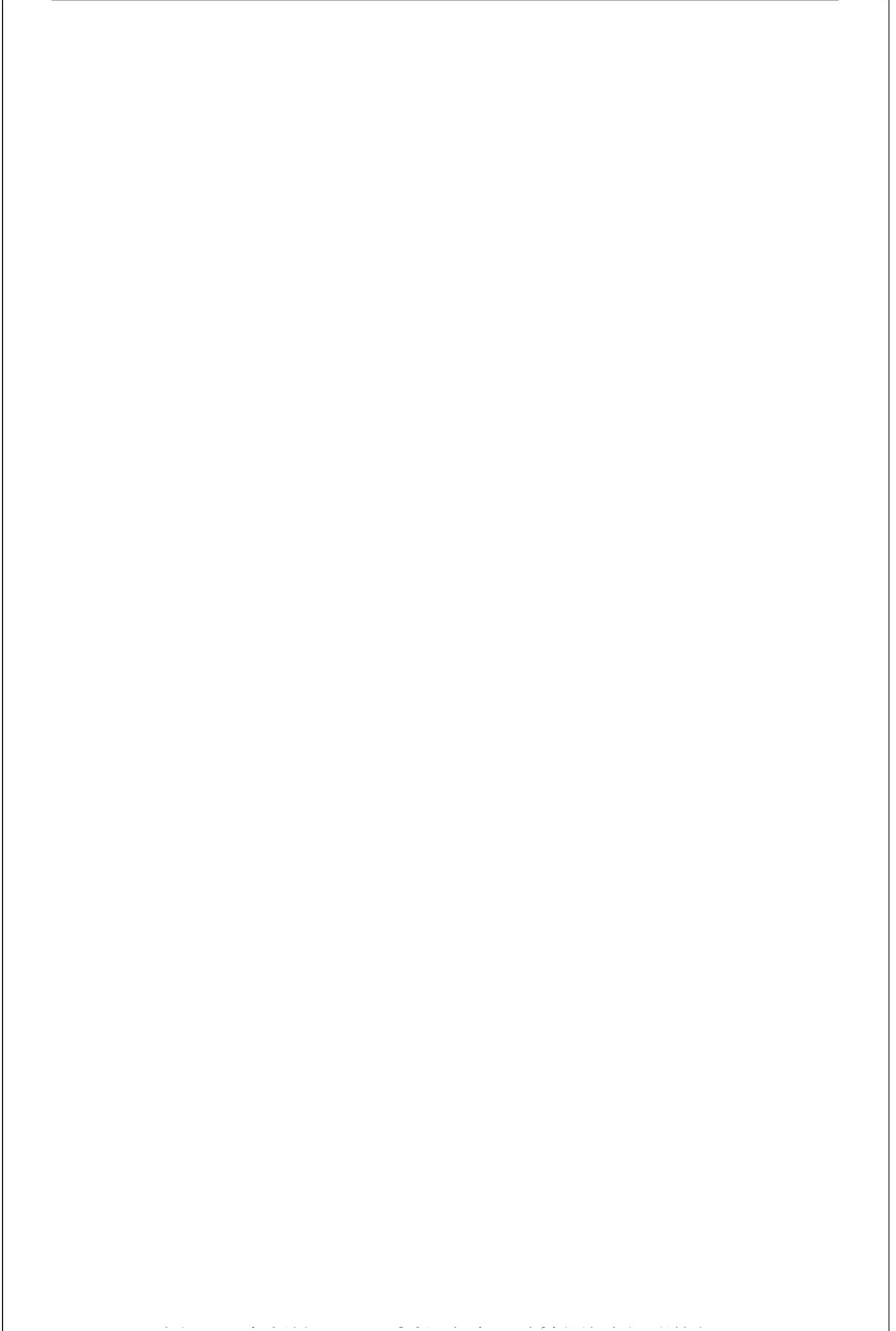
$B$ : 屏蔽透射因子, 见表 11-2;

$r$ : 机头与关注点的距离, 本项目保守对于第一术者位为 0.5m, 第二术者位为 0.8m,

对于护师位1.0m，其余点位见图11-1、图11-2、图11-3、图11-4、图11-5。

根据上述公式计算 DSA-CT 复合手术室和 CT 诊断区周围关注点和术者位在开机时的周围剂量当量率，结果见表 11-4、表 11-5，关注点位图见图 11-1、图 11-2、图 11-3、图 11-4、图 11-5。

根据医院提供资料可知，第一术者位、第二术者位在介入手术透视出束是均位于铅帘之后，护师在介入手术透视出束时术者位的医师会让其站到术者位背后(铅帘后)或者退出 DSA-CT 复合手术室到控制室内，因此为保守计算，本项目按照护师位处于术者位背后对护师人员进行剂量评价。拍片模式下，医师及护师均退出 DSA-CT 复合手术室进入控制室内。除第一术者位、第二术者位、护师位，其余关注点均取屏蔽体外 30cm 处。



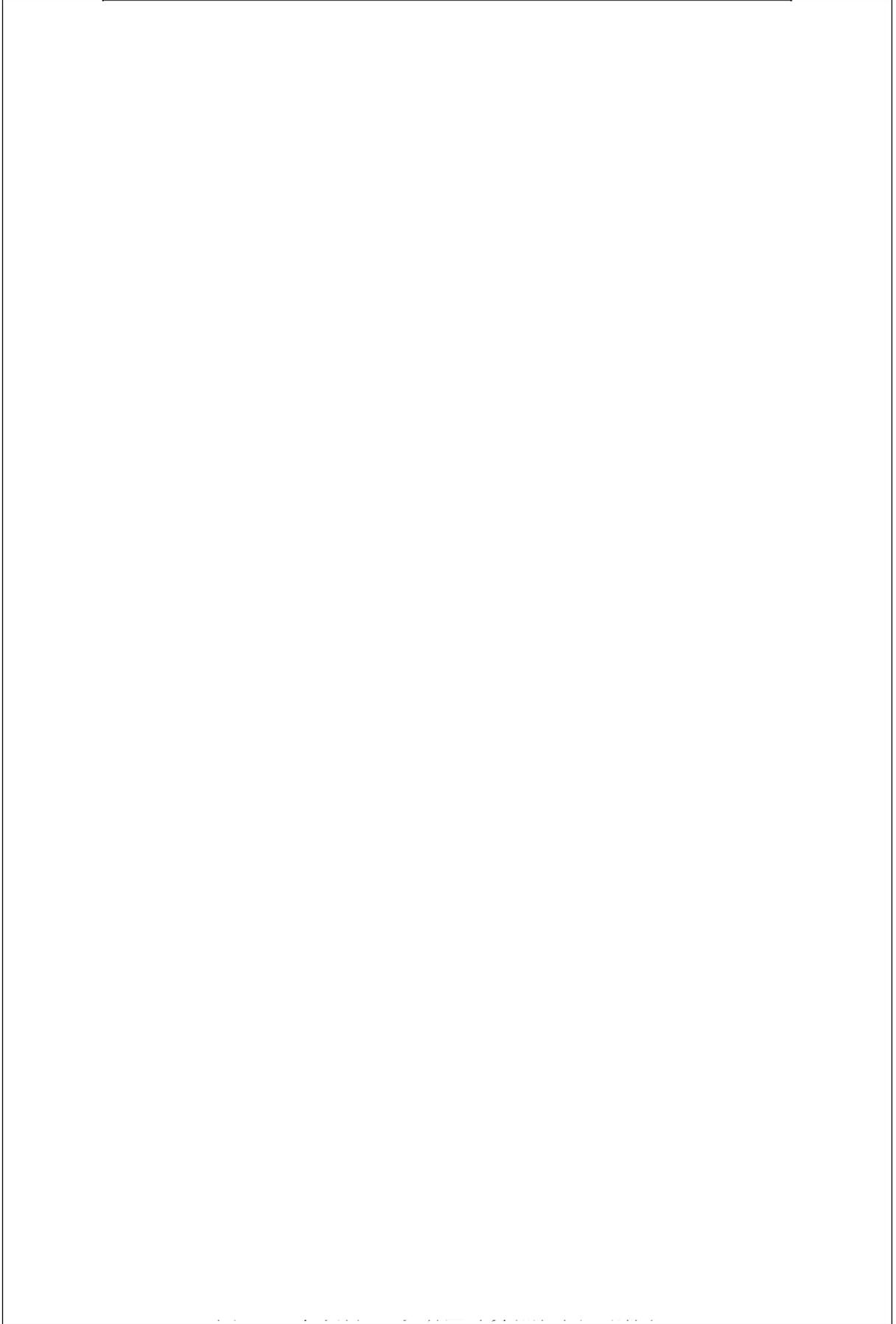


表11-4 不同介入诊疗条件下有用线束方向周围剂量当量率估算结果

关注点	预测点	模式	距离(m)	屏蔽材料	透射因子	周围剂量当量率( $\mu\text{Sv/h}$ )	是否满足限值
DSA-CT复合手术室(DSA)							
10	DSA-CT复合手术室楼上30cm(设备夹层)	透视	5.0	120mm混凝土+4mmPb铅板+0.85mm等效铅当量的硬件材料	1.53E-10	7.70E-05	满足
		拍片				1.92E-03	满足
DSA-CT复合手术室(CT)							
A	DSA-CT复合手术室北侧屏蔽体外30cm(控制连廊)	拍片	4.1	4mmPb铅板+0.85mm等效铅当量的硬件材料	1.21E-06	1.96E-02	满足
E	DSA-CT复合手术室南侧屏蔽体外30cm(污物通道)	拍片	5.3	4mmPb铅板+0.85mm等效铅当量的硬件材料	1.21E-06	1.17E-02	满足
G	DSA-CT复合手术室顶部屏蔽体外30cm(设备夹层)	拍片	5.0	120mm混凝土+4mmPb铅板+0.85mm等效铅当量的硬件材料	3.80E-08	4.13E-04	满足
H	DSA-CT复合手术室地面屏蔽体外30cm(教研室)	拍片	0.7	120mm混凝土+50mm硫酸钡水泥+0.85mm等效铅当量的硬件材料	3.17E-08	1.76E-02	满足
J	DSA-CT复合手术室楼下距地170cm处(教研室)	拍片	3.1	120mm混凝土+50mm硫酸钡水泥+0.85mm等效铅当量的硬件材料	3.17E-08	8.97E-04	满足
CT诊断区(CT)							
a	CT诊断区北侧屏蔽体外30cm(控制连廊)	拍片	4.1	4mmPb铅板+0.85mm等效铅当量的硬件材料	1.21E-06	1.96E-02	满足
e	CT诊断区南侧屏蔽体外30cm(污物通道)	拍片	5.3	4mmPb铅板+0.85mm等效铅当量的硬件材料	1.21E-06	1.17E-02	满足
g	CT诊断区顶部屏蔽体外30cm(设备夹层)	拍片	5.0	120mm混凝土+4mmPb铅板+0.85mm等效铅当量的硬件材料	3.80E-08	4.13E-04	满足
h	CT诊断区地面屏蔽体外30cm(决策分析中心)	拍片	0.7	120mm混凝土+4mmPb铅板+0.85mm等效铅当量的硬件材料	3.80E-08	2.11E-02	满足
j	CT诊断区楼下距地170cm处(决策分析中心)	拍片	3.1	120mm混凝土+4mmPb铅板+0.85mm等效铅当量的硬件材料	3.80E-08	1.08E-03	满足

注：计算距离保守保留只留一位小数，参考《外照射放射防护剂量转换系数标准》(WS/T 830-2024)表G.1中得80kV为1.72，100kV为1.65，150kV为1.49，由80kV和100kV插值得90kV为1.69，100kV和150kV插值得120kV为1.59。

表11-5 不同介入诊疗条件下非有用线束方向周围剂量当量率估算结果

关注点	预测点	模式	距离(m)	屏蔽材料	利用因子	透射因子		瞬时剂量率( $\mu\text{Gy/h}$ )		合计周围剂量当量率( $\mu\text{Sv/h}$ )	是否满足限值
						散射线	泄漏射线	散射线	泄漏射线		
DSA-CT复合手术室 (DSA)											
4	DSA-CT复合手术室 南侧屏蔽体外30cm (污物通道)	透视	5.3	4mmPb铅板	1	3.43E-06	3.69E-07	2.34E-04	1.31E-05	4.25E-04	满足
		拍片				3.43E-06	3.69E-07	5.85E-03	1.31E-05	1.01E-02	满足
5	DSA-CT复合手术室 西侧屏蔽体外30cm (MR检查室)	透视	3.9	4mmPb铅板	1	3.43E-06	3.69E-07	4.32E-04	2.43E-05	7.84E-04	满足
		拍片				3.43E-06	3.69E-07	1.08E-02	2.43E-05	1.86E-02	满足
6	DSA-CT复合手术室 北侧屏蔽体外30cm (控制连廊)	透视	4.1	4mmPb铅板	1	3.43E-06	3.69E-07	3.91E-04	2.20E-05	7.10E-04	满足
		拍片				3.43E-06	3.69E-07	9.77E-03	2.20E-05	1.68E-02	满足
7	DSA-CT复合手术室 东侧屏蔽体外30cm (DSA辅助用房)	透视	6.6	4mmPb铅板	1	3.43E-06	3.69E-07	1.51E-04	8.47E-06	2.74E-04	满足
		拍片				3.43E-06	3.69E-07	3.77E-03	8.47E-06	6.50E-03	满足
8	DSA-CT复合手术室 东侧屏蔽体外30cm (CT停车间)	透视	6.3	4mmPb铅板	1	3.43E-06	3.69E-07	1.66E-04	9.30E-06	3.01E-04	满足
		拍片				3.43E-06	3.69E-07	4.14E-03	9.30E-06	7.14E-03	满足
9	DSA-CT复合手术室 东侧屏蔽体外30cm (CT设备间)	透视	7.0	4mmPb铅板	1	3.43E-06	3.69E-07	1.34E-04	7.53E-06	2.43E-04	满足
		拍片				3.43E-06	3.69E-07	3.35E-03	7.53E-06	5.77E-03	满足
11	DSA-CT复合手术室 地面屏蔽体外30cm (教研室)	透视	0.7	120mm混凝土 +50mm硫酸钡水 泥	1	4.26E-08	1.95E-10	1.67E-04	3.98E-07	2.88E-04	满足
		拍片				4.26E-08	1.95E-10	4.16E-03	3.98E-07	7.16E-03	满足
12	DSA-CT复合手术室 楼下距地170cm处 (教研室)	透视	3.1	120mm混凝土 +50mm硫酸钡水 泥	1	4.26E-08	1.95E-10	8.49E-06	2.03E-08	1.46E-05	满足
		拍片				4.26E-08	1.95E-10	2.12E-04	2.03E-08	3.65E-04	满足

DSA-CT复合手术室 (CT)											
B	DSA-CT复合手术室 东侧屏蔽体外30cm (DSA辅助用房)	拍片	5.5	4mmPb 铅板	1	3.00E-05	1.21E-06	6.19E-05	4.00E-05	1.66E-04	满足
C	DSA-CT复合手术室 东侧屏蔽体外30cm (CT停车间)	拍片	5.1	4mmPb 铅板	1	3.00E-05	1.21E-06	7.20E-05	4.65E-05	1.93E-04	满足
D	DSA-CT复合手术室 东侧屏蔽体外30cm (CT设备间)	拍片	6.0	4mmPb 铅板	1	3.00E-05	1.21E-06	5.20E-05	3.36E-05	1.39E-04	满足
F	DSA-CT复合手术室 西侧屏蔽体外30cm (MR检查室)	拍片	5.1	4mmPb 铅板	1	3.00E-05	1.21E-06	7.20E-05	4.65E-05	1.93E-04	满足
CT诊断区 (CT)											
b	CT诊断区西侧屏蔽 体外30cm (DSA辅 助用房)	拍片	4.1	4mmPb 铅板	1	3.00E-05	1.21E-06	1.11E-04	7.20E-05	2.98E-04	满足
c	CT诊断区西侧屏蔽 体外30cm (CT停车 间)	拍片	3.7	4mmPb 铅板	1	3.00E-05	1.21E-06	1.37E-04	8.84E-05	3.67E-04	满足
d	CT诊断区西侧屏蔽 体外30cm (CT设备 间)	拍片	4.7	4mmPb 铅板	1	3.00E-05	1.21E-06	8.48E-05	5.48E-05	2.27E-04	满足
f	CT诊断区东侧屏蔽 体外30cm (手术室)	拍片	6.1	4mmPb 铅板	1	3.00E-05	1.21E-06	5.03E-05	3.25E-05	1.35E-04	满足
注: 计算距离保守保留只留一位小数, 参考《外照射放射防护剂量转换系数标准》(WS/T 830-2024) 表G.1, 100kV数据为1.65, 150kV数据为1.49, 由100kV和150kV插值获得120kV下空气比释动能到周围剂量当量的转换系数为1.59。											

表11-6 DSA-CT复合手术室内职业人员周围剂量当量率估算结果

关注点	预测点	模式	距离(m)	屏蔽材料	利用因子	透射因子		瞬时剂量率( $\mu\text{Gy/h}$ )		合计周围剂量当量率( $\mu\text{Sv/h}$ )	是否满足限值
						散射线	泄漏射线	散射线	泄漏射线		
1	第一术者位	透视	0.5	0.5mmPb铅衣+0.5mmPb铅屏	1	7.09E-03	4.08E-03	5.43E+01	1.63E+01	1.21E+02	/
		拍片	4.1	4mmPb铅观察窗+0.5mm铅衣		9.78E-07	7.96E-08	2.79E-03	4.74E-06	4.81E-03	满足
2	第二术者位	透视	0.8	0.5mmPb铅衣+0.5mmPb铅屏	1	7.09E-03	4.08E-03	2.12E+01	6.38E+00	4.72E+01	/
		拍片	4.1	4mmPb铅观察窗+0.5mm铅衣		9.78E-07	7.96E-08	2.79E-03	4.74E-06	4.81E-03	满足
3	护师位	透视	1.0	0.5mmPb铅衣+0.5mmPb铅屏	1	7.09E-03	4.08E-03	1.36E+01	4.08E+00	3.03E+01	/
		拍片	4.1	4mmPb铅观察窗+0.5mmPb铅衣		9.78E-07	7.96E-08	2.79E-03	4.74E-06	4.81E-03	满足

根据表11-4和表11-5可知，DSA-CT复合手术室四周墙体、铅防护门、观察窗、顶板和地面的屏蔽条件均能满足辐射屏蔽的要求，即透视和拍片时在设计的防护条件下，屏蔽体外0.3m处的周围剂量当量率均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）和本项目剂量约束值，周围剂量当量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”要求。根据表11-6可知，DSA-CT复合手术室内术者位剂量率范围为 $3.03\text{E}+01\mu\text{Sv/h}\sim 1.21\text{E}+02\mu\text{Sv/h}$ 。

## 2.6 辐射工作人员及周围公众年有效剂量评估

### (一) 人员所受年有效剂量估算

#### 计算公式

按照联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）2000年报告附录A公式计算手术室周围各关注点辐射工作人员和公众受到的X射线产生的外照射人均年有效剂量：

$$H_{Er} = D_r \times T \times t \times K \quad \text{-----公式7}$$

$H_{Er}$ ：X射线外照射人均年剂量，mSv/a；

$D_r$ ：关注点处空气吸收剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

$T$ ：居留因子，见表11-3；

$t$ ：年照射时间，h，取值见表1-5；

$K$ ：空气比释动能率与吸收剂量转换系数，插值获得 90kV 下空气比释动能到周围剂量当量的转换系数  $k=1.69$ ，120kV 下空气比释动能到周围剂量当量的转换系数  $k=1.59$ ；80kV， $K=1.72$ ；100kV= $1.65$ 。表 11-6、表 11-7 和表 11-8 中最后的结果数据已进行单位转换。

#### 计算结果

根据表 1-4，根据医生、护师和技师的工作负荷进行估计，则每名医师和护师年透视时间最多为 30h，年拍片时间最多为 DSA2h+CT8h=10h；技师年透视时间最多为 250h，年拍片时间最多为 DSA16.67h+CT66.67h=83.34h；周围公众取 DSA 透视 250h，DSA 拍片 16.67h，CT 拍片 66.67h。根据公式 7 可得辐射工作人员及公众年有效剂量预测结果见表 11-7。

表 11-7 本项目 DSA-CT 复合手术室周围辐射工作人员及公众附加年有效剂量一览表

射线装置	保护目标	方位与最近距离	周围剂量当量率( $\mu\text{Sv/h}$ )		居留因子	年照射时间 (h)	年有效剂量 (mSv/a)	管理目标值 (mSv/a)
DSA/CT	手术室内	第一术者位	透视 铅衣内	1.21E+02	1	30	3.63	5.0
			DSA拍片	4.81E-03		2		
			CT拍片	1.96E-02		8		
		第二术者位	透视 铅衣内	4.72E+01	1	30	1.42	5.0
DSA拍片	4.81E-03		2					

			CT拍片	1.96E-02		8		
		护师位	透视 铅衣内	3.03E+01	1	30	9.09E-01	5.0
			DSA拍片	4.81E-03		2		
			CT拍片	1.96E-02		8		
	控制连廊	北侧紧邻	透视	7.10E-04	1	250	1.77E-03	5.0
			DSA拍片	1.68E-02		16.67		
			CT拍片	1.96E-02		66.67		
	DSA辅助用房	东侧紧邻	透视	2.74E-04	1/16	250	1.17E-05	5.0
			DSA拍片	6.50E-03		16.67		
			CT拍片	1.66E-04		66.67		
	CT停车间	东侧紧邻	透视	3.01E-04	1/16	250	1.29E-05	5.0
			DSA拍片	7.14E-03		16.67		
			CT拍片	1.93E-04		66.67		
	CT设备间	东侧紧邻	透视	2.43E-04	1/16	250	1.04E-05	5.0
			DSA拍片	5.77E-03		16.67		
			CT拍片	1.39E-04		66.67		
	污物通道	南侧紧邻	透视	4.25E-04	1/4	250	2.64E-04	0.1
			DSA拍片	1.01E-02		16.67		
			CT拍片	1.17E-02		66.67		
	MR检查室	西侧紧邻	透视	7.84E-04	1/4	250	1.30E-04	0.1
			DSA拍片	1.86E-02		16.67		
			CT拍片	1.93E-04		66.67		
	楼上	楼上紧邻	透视	7.70E-05	1/16	250	4.92E-06	0.1
			DSA拍片	1.92E-03		16.67		
			CT拍片	4.13E-04		66.67		
	楼下	楼下紧邻	透视	1.46E-05	1	250	6.95E-05	0.1
			DSA拍片	3.65E-04		16.67		
			CT拍片	8.97E-04		66.67		

表 11-8 本项目 CT 诊断区周围辐射工作人员及公众附加年有效剂量一览表

射线装置	保护目标	方位与最近距离	周围剂量当量率( $\mu\text{Sv/h}$ )		居留因子	年照射时间 (h)	年有效剂量 (mSv/a)	管理目标值 (mSv/a)
CT	控制连廊	北侧紧邻	拍片	1.96E-02	1	66.67h	1.31E-03	5.0
	DSA辅助用房	西侧紧邻	拍片	2.98E-04	1/16		1.24E-06	5.0
	CT停车间	西侧紧邻	拍片	3.67E-04	1/16		1.53E-06	5.0
	CT设备间	西侧紧邻	拍片	2.27E-04	1/16		9.46E-07	5.0
	污物通道	南侧紧邻	拍片	1.17E-02	1/4		1.95E-04	0.1
	手术室	东侧紧邻	拍片	1.35E-04	1/4		2.25E-06	0.1

楼上	楼上紧邻	拍片	4.13E-04	1/16		1.72E-06	0.1
楼下	楼下紧邻	拍片	1.08E-03	1/4		1.80E-05	0.1

**50m 范围内其他保护目标年有效剂量估算**

本项目 DSA-CT 复合手术室 50m 范围内还包括院区道路、行政楼、光华东一路、光华东一路旁地面停车场、成都光华智慧停车场建设有限公司。保守不考虑距离衰减，以表 11-4 中的 E 点和表 11-5 中 4 号点位作为院区道路、光华东一路和光华东一路旁地面停车场剂量率参考点，以表 11-4 中 A 点和表 11-5 中 6 号点作为行政楼剂量率参考点，以表 11-5 中 8 号点和 f 点作为成都光华智慧停车场建设有限公司剂量率参考点，结合出束时间及居留因子可计算出其他保护目标年有效剂量，计算结果见下表 11-9。

表 11-9 本项目 DSA-CT 复合手术室周围 50m 范围内其他保护目标年有效剂量一览表

保护目标名称	方位	居留因子	时间	关注点处周围剂量当量率 (μSv/h)		年有效剂量 (mSv/a)	管理目标值 (mSv/a)
院区道路	南侧	1/16	250	透视	4.25E-04	2.64E-04	0.1
			16.67	拍片	1.01E-02		
			66.67	CT拍片	1.17E-02		
行政楼	北侧	1	250	透视	7.10E-04	1.76E-03	0.1
			16.67	拍片	1.68E-02		
			66.67	CT拍片	1.96E-02		
光华东一路	南侧	1/16	250	透视	4.25E-04	2.64E-04	0.1
			16.67	拍片	1.01E-02		
			66.67	CT拍片	1.17E-02		
光华东一路旁地面停车场	南侧	1/16	250	透视	4.25E-04	6.59E-05	0.1
			16.67	拍片	1.01E-02		
			66.67	CT拍片	1.17E-02		
成都光华智慧停车场建设有限公司	东侧	1/16	250	透视	3.01E-04	1.27E-05	0.1
			16.67	拍片	7.14E-03		
			66.67	CT拍片	1.35E-04		

**(二) 术者位腕部剂量估算**

**计算公式**

医生腕部皮肤受照剂量计算模式参考《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》(GBZ/T 244-2017) 4.3，用下式进行估算：

$$D_S = C_{KS} (\dot{k} \cdot t) \cdot 10^{-3} \quad \text{-----公式 8}$$

$D_s$  : 皮肤吸收剂量 (mGy) ;

$k$ : X- $\gamma$ 辐射场的空气比释动能率 ( $\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ ) , 本项目透视情况下 1m 处的空气比释动能率为  $7.44\text{E}+06\mu\text{Gy}/\text{h}$  , 医师佩戴 0.1mmPb 的铅手套, 手腕面积取  $0.0025\text{m}^2$  , 插入导管操作时距离为 0.5m, 根据公式 5 和公式 6 计算得出 X- $\gamma$ 辐射场的空气比释动能率为  $1.05\text{E}+03$  ( $\mu\text{Gy}/\text{h}$ ) 。

$C_{ks}$ : 空气比释动能到皮肤吸收剂量的转换系数 (mGy/mGy) , 根据《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》(GBZ/T244-2017) 表 A.4 进行取值(本项目保守按照术者位医师均为男性取值) , 利用 100kV 和 80kV 下的数据插值的 90kV 的数据, 取值为:  $1.129\text{mGy}/\text{mGy}$ ;

$t$ : 人员累积受照时间, 选取第一术者位年受照时间 30h。

### 计算结果

**术者位腕部剂量估算结果:** 根据以上公式计算得术者位在导管插入操作时, 腕部所受剂量为  $35.7\text{mGy}/\text{a}$  , 单位转换系数为 1.69, 单位转换后腕部所受总剂量为  $60.38\text{mSv}/\text{a}$ 。满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 第 4.3.2.1 条的规定, 对任何工作人员, 四肢(手和足)或皮肤的年当量剂量不超过  $500\text{mSv}$  , 也满足本项目对于辐射工作人员四肢(手和足)或皮肤当量剂量约束值, 即不超过  $125\text{mSv}/\text{a}$  的要求。

由于本项目辐射工作人员可能兼职其他核技术利用岗位, 参考附件 8 中 2E 一栏中最大年有效剂量对辐射工作人员进行年有效剂量叠加, 综上所述, 本项目辐射工作人员年有效剂量最大为  $3.63\text{mSv}$  (不含天然本底)  $+0.17\text{mSv}=3.80\text{mSv}$  , 公众的年有效剂量最大为  $1.76\text{E}-03\text{mSv}$  (不含天然本底) 。因此综合来看, 本项目运行后, 相关的辐射工作人员以及周围公众受到的年有效剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中对职业人员和公众受照剂量限值和本项目剂量约束值的要求。

### 3. 臭氧环境影响分析

本项目 DSA-CT 复合手术室和 CT 诊断区均采用净化风机盘管系统+排风+独立新风系统的舒适性空调, 采用上送上回、上排方式, DSA-CT 复合手术室新风口位于吊顶中部, 排风口位于吊顶东部, 设计新风量为  $2000\text{m}^3/\text{h}$  , 排风量为  $350\text{m}^3/\text{h}$ 。CT 诊

断区新风口位于吊顶中部，排风口位于吊顶西部，设计新风量为 1200m<sup>3</sup>/h，排风量为 350m<sup>3</sup>/h。DSA-CT 复合手术室和 CT 诊断区吊顶以下体积分别为 179.52m<sup>3</sup> 和 153.00m<sup>3</sup>，每小时通风次数约 2 次，因此 DSA-CT 复合手术室和 CT 诊断区所采用的通排风措施符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“机房应设置动力排风装置，并保持良好的通风”的要求。DSA-CT 复合手术室和 CT 诊断区室内的废气通过风管由排风机引至科技综合楼设备夹层室外排放，排口高度距地 9.6m。另外，为防止射线泄漏，排风管穿孔位置四周使用 4mm 铅板进行包裹。

本项目数字减影血管造影机（DSA）和 CT 工作时会使周围空气电离产生极少量臭氧和氮氧化物，臭氧在常温常压下稳定性较差，可自行分解为氧气，因此数字减影血管造影机（DSA）和 CT 运行过程中产生的少量臭氧和氮氧化物对周围环境空气影响较小。

#### 4. 水环境影响分析

本项目射线装置采用先进的实时成像系统，注入的造影剂不含放射性，无废显影液和定影液产生；未使用已过期的造影剂（输液瓶包装）为药物性废物，按照流转送至院区医疗废物暂存间作为医废暂存，交由当地有资质的单位统一处理；本项目运行后，废水主要为辐射工作人员和患者产生的生活污水。

处理措施：医疗废水和生物污水经管道收集后排入院区的污水处理站，然后由“格栅+调节+生物接触氧化+二沉池+次氯酸钠消毒”工艺组成处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表 2 中的预处理标准限值，再排入市政污水管网，再进入成都市第九净水厂进一步处理达标后排入锦江。

#### 5 固体废物环境影响分析

本项目运行后不会产生放射性固体废物，预计将产生废造影剂、废造影剂瓶、废药棉、废纱布、废手套及废医用器具等医疗废物。本项目射线装置采用数字成像，将根据病人的需要打印胶片，打印出来的胶片由病人带走自行处理，不产生废胶片。介入手术时产生的医疗废物将采用专用容器集中收集后转移至科技综合楼 2 楼东北侧的污物暂存，再转移至院区的医疗废物暂存间，按照医疗废物执行转移联单制度，委托当地有资质单位定期处置。本项目辐射工作人员和患者产生的生活垃圾分类统一集中收集后，由当地环卫部门统一清运。

#### 6. 声环境影响分析

本项目产噪设备不多（主要为通风系统），声级较小，噪声影响不大。且风机等设备均位于设备房内，噪声源通过使用合理布局、使用低噪声设备、安装减震垫、建筑物隔声等措施降噪，对周围环境影响较小。

## 事故影响分析

### 1. 环境风险评价的目的

环境风险评价的目的是分析和预测建设项目存在的潜在危害和有害因素，以及项目在建设、运营期间可能发生的事故（一般不包括自然灾害与人为破坏），引起有毒、有害（本项目为电离辐射）物质泄漏，所造成的环境影响程度和人身安全损害程度，并提出合理可行的防范、应急与减缓措施，以使项目事故发生率、损失和环境影响达到可以接受的水平。

### 2. 风险识别

本项目射线装置为II类射线装置，在操作过程中，如果不被安全管理或可靠保护，可能对接触的人员造成放射性损伤和环境污染。

主要事故风险：

1) DSA、CT正常工作时，辐射工作人员未穿戴防护用品停留于DSA-CT复合手术室内，导致发生误照射；

2) DSA、CT正常工作时，有公众停留于DSA-CT复合手术室内，导致发生误照射。

### 3. 源项分析及事故等级分析

本项目数字减影血管造影机（DSA）风险因子为 X 射线，按照《放射性同位素与射线装置安全与防护条例》（2019 年修订本）第四十条关于事故的分级原则现将项目的风险物质、风险因子、潜在危害及可能发生的事故等级列于表 11-10 中。

表 11-10 射线装置的风险因子辐射伤害程度与事故分级

环境风险因子	潜在危害	事故等级
X 射线	射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射	一般辐射事故
	射线装置失控导致 9 人以下(含 9 人)急性重度放射病、局部器官残疾	较大辐射事故
	射线装置失控导致 2 人以下(含 2 人)急性死亡或者 10 人以上(含 10 人)急性重度放射病、局部器官残疾	重大辐射事故
	射线装置失控导致 3 人以上(含 3 人)急性死亡	特别重大辐射事故

同时根据《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017），急性放射病发生参考剂量见表 11-11。

表 11-11 急性放射病初期临床反应及受照剂量范围参考值

急性放射病	分度	受照剂量范围参考值
骨髓型急性放射病	轻度	1.0Gy~2.0Gy
	中度	2.0Gy~4.0Gy
	重度	4.0Gy~6.0Gy
	极重度	6.0Gy~10.0Gy
肠型急性放射病	轻度	10.0Gy~20.0Gy
	中度	/
	重度	20.0Gy~50.0Gy
	极重度	/
脑型急性放射病	轻度	50.0Gy~100Gy
	中度	
	重度	
	极重度	
	死亡	100Gy

本项目根据《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017）表 1 的骨髓型急性重度放射病的受照剂量范围参考值 4.0~6.0Gy 界定是否会产生急性重度放射病。

#### 4. 风险事故情形设定

##### 事故假设：

##### 手术期间可能发生的辐射事故

本项目在分析事故时考虑两种工况，一是 DSA 透视，二是 CT 拍片。

##### 对于辐射工作人员：

① DSA 透视时未采取任何防护措施的情况下位于非有用线束方向进行透射手术操作，受到非有用线束的照射。辐射工作人员可能对机头距离 0.5m、1.0m、1.5m、2.0m，透视时间最大按 20min。

② CT 拍片时未采取任何防护措施的情况下位于有用线束方向，受到有用线束的照射。辐射工作人员可能对机头距离 0.5m、1.0m、1.5m、2.0m，拍片时间最大按 2min。

##### 对于公众：

① 在 DSA 进行透视时，公众误入 DSA-CT 复合手术室或未撤离 DSA-CT 复合手术室的情况下进行照射操作，对公众造成不必要的照射。实际情况下 0.5m~1m 范围站立着医师和护师，误停留公众难以接近机头如此近的距离，如误停留公众位于 1.5m 处，最多停留 1min 便会被 DSA-CT 复合手术室内辐射工作人员发现并带离 DSA-CT 复合手术室。公众距离机头取 1.5m，时间取 1min。

②在CT拍片时，公众误入DSA-CT复合手术室或未撤离DSA-CT复合手术室而受到照射，对机头距离0.5m、1.0m、1.5m、2.0m，拍片时间最大按2min。

**剂量估算：**本项目DSA在透视工况（90kV，500mA）下1m处无铅衣铅屏风遮挡的情况下比释动能率为 $7.44\text{E}+06\mu\text{Gy/h}$ ；本项目CT在拍片工况（120kV，400mA）下1m处无铅衣铅屏风遮挡的情况下比释动能率为 $1.71\text{E}+05\mu\text{Gy/h}$ 。

表11-12 DSA透视工况下辐射工作人员及周围公众受到单次的剂量

距机头距离 (m)	各时段的射线所致辐射剂量 (Sv)						
	1min	3min	6min	9min	12min	15min	20min
0.5m	7.23E-04	2.17E-03	4.34E-03	6.51E-03	8.67E-03	1.08E-02	1.45E-02
1.0m	1.81E-04	5.42E-04	1.08E-03	1.63E-03	2.17E-03	2.71E-03	3.61E-03
1.5m	8.03E-05	2.41E-04	4.82E-04	7.23E-04	9.64E-04	1.20E-03	1.61E-03
2.0m	4.52E-05	1.36E-04	2.71E-04	4.07E-04	5.42E-04	6.78E-04	9.04E-04

表11-13 CT拍片工况下辐射工作人员及周围公众受到单次的剂量

距机头距离 (m)	各时段的射线所致辐射剂量 (Sv)					
	20s	40s	60s	80s	100s	120s
0.5m	9.67E-05	1.93E-04	2.90E-04	3.87E-04	4.83E-04	5.80E-04
1.0m	2.42E-05	4.83E-05	7.25E-05	9.67E-05	1.21E-04	1.45E-04
1.5m	1.07E-05	2.15E-05	3.22E-05	4.30E-05	5.37E-05	6.44E-05
2.0m	6.04E-06	1.21E-05	1.81E-05	2.42E-05	3.02E-05	3.63E-05

#### 事故后果：

由表 11-12 和表 11-13 计算结果可知，两种工况下本项目辐射工作人员在不同位置（位于距离机头 0.5m、1.0m、1.5m、2.0m 处）随着时间的推移，所受的最大剂量为 14.5mSv，对于辐射工作人员来说，未超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的职业人员 20mSv/a 的剂量限值，不构成辐射事故；对于公众来说，若位于距离机头 1.5m 处，停留 1min 所受到的剂量最大为  $1.32\text{E}-02\text{mSv}$ ，未超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的公众 1mSv/a 的剂量限值，不构成辐射事故。

综上所述，本项目**不会造成辐射事故**，本项目在后期运营过程中，建设单位应认真执行安全操作规程和各项规章制度，做好辐射安全管理工作，切勿麻痹大意，定期检查维护辐射安全防护措施，强化辐射工作人员的辐射安全意识。

#### 5. 事故处理方法及预防措施：

##### 事故处理方法

该医院已根据可能发生辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围制定了辐射事故应急方案。

与此同时，医院应加强辐射安全管理，在项目运行时严格遵循已制定的相关操作规程和辐射安全管理制度，并在实际工作中不断对其完善；医院应定期对 DSA 和 CT 进行检查、维护，发现问题及时维修，并应定期监测 DSA 和 CT 工作场所周围的环境辐射剂量率等，确保辐射工作安全有效运转。

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与报告制度的通知》（环发〔2006〕145号）规定，发生辐射事故时，医院应立即启动医院内部的事故应急预案，采取必要防范措施，并在 2 小时内向所在地生态环境部门（成都市生态环境局：028-61885200），由当地生态环境部门向省生态环境厅（80589003（昼间）、80589100（夜间及节假日））报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的，同时向卫生健康部门（成都市卫生健康委员会：028-61881910）报告。事故发生后医院应积极配合生态环境部门及卫生健康部门调查事故原因，并做好后续工作。

### 预防措施

医院严格执行《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，拟采取的事故防范措施主要包括辐射安全管理和设备固有安全设施两方面。

#### （1）辐射安全管理措施

①医院已成立以院领导为组长的辐射安全管理委员会，负责全院辐射防护监督与检查工作。医院应继续完善各种辐射安全防护制度、防护工作计划、辐射事故应急预案并定期组织演练；全面贯彻落实辐射防护法律法规、行政规章和卫生行业标准，确保临床放射诊疗质量和医疗安全，推进放射诊疗工作的科学化、规范化、标准化、制度化、流程化管理；完善辐射安全和放射防护相关职责、制度、流程、操作技术规范及相关质量控制方案；定期检查各种制度、防护措施的贯彻落实情况；组织实施辐射工作人员和领导小组一起定期在国家培训平台上学习关于辐射安全与防护相关的法律法规及防护知识；定期组织对辐射工作场所、射线装置的防护效果检测，检查辐射工作人员是否按照有关规定佩戴个人剂量计并定期进行个人剂量监测结果存档，组织本院辐射工作人员进行上岗前、在岗期间和离岗时的职业健康体检，并分别建立辐射工作人员个人剂量监测、职业健康管理、培训管理档案。

②医院需根据法律法规继续完善辐射事故预防措施及应急处理预案，包括应急机构的设置与职责及联系电话、应急响应程序、应急响应措施、条件保障等。

③医院需根据法律法规继续完善辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、

设备使用登记制度、操作规程等。

建设单位严格执行以下风险预防措施：

①定期认真地对本单位射线装置的安全和防护措施、设施的安全防护效果进行监测或者检查，完善各项管理制度并严格按照要求执行，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生。

②建设单位应制定辐射工作设备操作规程。凡涉及对射线装置进行操作，必须按操作规程执行，并做好个人的防护，并应将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置。

③定期对使用射线装置的安全装置进行维护、保养，对可能引起操作失灵的关键零配件定期更换，并建立射线装置维护、维修台账；

④建设单位所有辐射工作人员需在系统学习后，报名参加生态环境部组织的辐射安全与防护考试，均需持证上岗；

⑤项目所涉及的射线装置纳入应急适用范围，增加医院内部应急领导小组成员电话。

## (2) 设备固有安全设施

本项目 DSA 和 CT 自身采取了多重安全措施，以防止辐射事故的发生，如栅控技术、光谱过滤技术、紧急停机按钮、工作状态指示灯箱与防护门联锁等。以上各种事故的防范与对策措施，可减少或避免放射性事故的发生率，从而保证项目的正常运营，也保障了工作人员、公众的健康与安全。

## 6. 其他风险的防范

外购的造影剂均应单独密闭保存，存放于不锈钢药品柜以避免药品受到污染或药品污染周围环境；未使用完和过期的造影剂均作为医废处理；在进行介入手术时，使用带托盘的不锈钢推车进行运送，便于清除手术污染以预防院感。

表 12 辐射安全管理

**辐射安全与生态环境管理机构的设置**

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规要求，使用II类射线装置的单位应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；辐射工作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考核。

成都市妇女儿童中心医院已根据核技术应用现状，按《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求成立了放射诊疗质量管理委员会负责相关辐射安全监督管理工作，并根据实际情况不断调整管理委员会人员。管理委员会职责明确，能有效确保辐射工作人员、社会公众的健康与安全。管理委员会的组成涵盖了现有核技术应用所涉及的相关部门和科室，在框架上基本符合要求。管理委员会领导名单如下：

**辐射安全管理规章制度**

- 根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，建设单位已制定辐射安全管理制度，制度清单及《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲(2016)》要求见表 12-1，建设单位在日后工作实践中，应根据具体情况和实际问题，按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求及时更新、完善制度的可操作性。
- 根据四川省生态环境厅关于印发《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲(2016)》要求，《辐射工作场所安全管理要求》《辐射工作人员岗位职责》《辐射工作设备操作规程》和《辐射事故应急响应程序》应悬挂于辐射工作场所。上墙制度的内容应字体醒目，简单清楚，体现现场操作性和实用性，尺寸大小应不小于 400mm×600mm。本项目拟在控制室内墙上显著位置补充张贴大小和字体都足够醒目的以上相应制度，并于患者通道墙上张贴《放射防护注意事项告知栏》。

- 本项目建设单位涉及使用II类 X 射线装置，根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》（川环函〔2016〕1400 号），建设单位需具备的辐射安全管理要求见表 12-1。

表 12-1 建设单位辐射安全管理基本要求汇总对照分析表

序号	辐射管理要求	落实情况	应增加的措施
1	从事生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应持有有效的辐射安全许可证	已落实，许可证在有效期内	待本项目环评工作完成，项目建设完成后向发证机关提交重新申领辐射安全许可证的申请材料
2	辐射工作人员应参加专业培训机构辐射安全知识和法规的培训并持证上岗	本项目辐射工作人员均已通过考核并持证上岗	/
3	辐射工作单位应建立辐射安全管理机构或配备专（兼）职管理人员	已落实	/
4	需配置必要的辐射防护用品和监测仪器并定期或不定期地开展工作场所及外环境辐射剂量监测，监测记录应存档备查	/	拟为本项目配置1台便携式辐射巡测仪、4台个人剂量报警仪
5	辐射工作单位应针对可能发生的辐射事故风险，制定相应辐射事故应急预案，特别应做好 DSA 的实体保卫及防护措施	原有II类、III类射线装置项目已落实	需将本项目装置纳入管辖范围
6	辐射工作单位应建立健全辐射防护、安全管理规章制度及辐射工作单位基础档案	已建立	拟将本项目纳入管理
7	辐射工作单位应做好辐射工作人员个人剂量监测和职业健康检查，建立健全个人剂量档案和职业健康监护档案	原有辐射工作人员已落实	/
8	辐射工作单位应在辐射工作场所入口设置醒目的电离辐射警告标志	原有辐射工作场所均已落实	本项目辐射工作场所投运前应落实
9	辐射工作单位应提交有效的年度辐射环境监测报告	原有辐射工作场所每年均委托有资质单位完成场所环境监测	需将本项目纳入委托监测范围，并将变动情况和存在的安全隐患及其整改情况，按照规范格式编制评估报告，并每年按时提交至发证机关
10	辐射信息网络	原有项目已落实	核技术利用单位必须在“全国核技术利用辐射安全申报系统”（网址 <a href="http://rr.mep.gov.cn/">http://rr.mep.gov.cn/</a> ）中实施申报登记。申领、延续、变更许可证，新增或注销放射源和射线装置以及单位信息变更、个人剂量、年度评估报告等信息均应及时在系统中申报
11	应建立动态的台账，放射性同位素	原有项目已落实	需将本项目装置纳入台账管理

	与射线装置应做到账物相符，并及时更新。		范围
<b>辐射安全许可证重新申领材料</b>			
<p>根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》“生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位，应当依照规定取得许可证”。在本项目环境影响评价文件取得成都市生态环境局批复后，医院需准备以下文件并向成都市生态环境局提交重新申领辐射安全许可证的申请。办理流程：受理、审查、决定、制证、颁发和送达。</p> <p>根据国家法规和《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》的相关要求，将其与建设单位管理制度现状列于表12-2中进行对照分析。</p>			
<b>12-2 建设单位管理制度汇总对照表</b>			
序号	规定的制度	落实情况	应增加的措施
1	辐射安全与环境保护管理机构文件	《成都市妇女儿童中心医院关于调整放射诊疗质量管理委员会成员的通知》	/
2	辐射安全管理规定（综合性文件）	《辐射安全管理规定》	将本项目装置纳入
3	辐射工作设备操作规程	《辐射工作设备操作规程》	拟制定本项目操作规程
4	辐射安全和防护设施维护维修制度	《辐射安全和防护设施维护维修制度》	将本项目装置纳入
5	辐射工作人员岗位职责	《辐射工作人员岗位职责》	将本项目辐射工作人员纳入
6	放射源与射线装置台账管理制度	《射线装置台账管理制度》	将本项目装置纳入
7	辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	《辐射工作场所和环境辐射水平监测方案》	拟制定本项目辐射工作场所和环境水平监测方案
8	监测仪表使用与校验管理制度	/	拟制定
9	辐射工作人员培训制度（或培训计划）	《辐射工作人员培训管理制度》	将本项目辐射工作人员纳入
10	辐射工作人员个人剂量管理制度	《辐射工作人员个人剂量管理制度》	将本项目辐射工作人员纳入
11	辐射事故应急预案	《辐射事故应急预案》	拟将本项目纳入
12	质量保证大纲和质量控制检测计划（使用放射性同位素和射线装置开展诊断和治疗的单位）	《质量保证大纲和质量控制检测计划》	拟根据本项目做调整
13	其他	《放射防护注意事项告知栏》	拟制定

## 辐射监测

### 1. 监测方案

- 1) 请有资质的单位对辐射工作场所和周围环境的辐射水平进行监测，每年 1~2 次。
- 2) 辐射工作人员佩戴个人剂量计，第一、第二术者位及护师位佩戴个人剂量报警仪。个人剂量计定期（根据《职业性外照射个人监测规范》GBZ128-2019 规定，常规监测周期最长不应超过 3 个月）送有资质部门进行监测，建立个人剂量档案；
- 3) 定期自行开展辐射监测，制定定期监测制度，监测数据存档，建议监测周期为 1 次/月。

### 2. 监测仪器

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，使用 II 类射线装置的单位应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仪、辐射监测等仪器。建设单位拟为本项目 32 名辐射工作人员共计配备 32 套个人剂量计，用于监控其受到的有效剂量。同时，考虑到介入手术同室操作的特性，拟为本项目 DSA-CT 复合手术室增配 4 台个人剂量报警仪，拟为本项目配备 1 台便携式辐射巡测仪。项目运行后医院应定期对手术室周围环境辐射水平监测，并做好监测记录。

根据《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》（川环函〔2016〕1400 号）要求，使用 II 类射线装置，应加强医护人员个人剂量的监督检查，对每季度监测数据超过 1.25mSv 的要求进一步调查明确原因，并由当事人在情况调查报告上签字确认。当全年个人剂量超过 5mSv 时，建设单位需进行超标原因调查，并最终形成正式调查报告，经本人签字确认后上报发证机关；当连续 5 年的平均个人剂量超过 20mSv 或单年个人剂量超过 50mSv 时，建设单位应展开调查查明原因，确定为辐射事故时，应启动辐射事故应急预案。

### 3. 监测内容和要求

(1) 监测内容：X- $\gamma$  辐射剂量率

(2) 监测范围：在巡测的基础上，对关注点的局部屏蔽和缝隙进行重点监测。关注点应包括：四面墙体、地板、顶板、防护门、观察窗、管线洞口、工作人员操作位等，点位选取应具有代表性。

(3) 监测点位和数据管理：选择距墙体、门、窗表面 30cm；顶板上方（楼上）

距顶板地面100cm，手术室地面下方（楼下）距楼下地面170cm。委托监测每年至少1次，自行监测每月至少1次，本项目监测数据应当存档。建议监测点位见表12-3。

表12-3 定期监测点位

工作场所	监测项目	监测范围		监测频次		备注
				委托监测	自行监测	
DSA-CT 复合手术 室、CT诊 断区	X-γ 辐射 剂量率	1	人员操作位	委托监测 每年至少 1次	建议自行监 测周期为 1 次/月	拍片/透视 常用工况 下开关机 各监测一 次
		2	手术室各防护门表面及缝 隙处			
		3	观察窗表面及缝隙处			
		4	控制连廊			
		5	CT 设备间			
		6	CT 停车间			
		7	DSA 辅助用房			
		8	污物通道			
		9	楼上 设备夹层			
		10	楼下 教研室、前沿技术试 验分中心、决策分析中心			
		11	手术室			
		12	MR 检查室			
		13	管线洞口			

(4) 监测质保：确保执行完善后的《监测仪表使用与校验管理制度》，并利用委托监测获得的监测数据进行比对并建立比对档案。监测须采用国家颁布的标准方法或推荐方法并制定辐射环境监测管理制度。

落实以上措施后，本项目所配备的防护用品和监测仪器以及实施的监测方案能够满足相关管理要求。项目投运前，建设单位应当按照国务院生态环境行政主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护措施进行验收。验收报告编制完成后应依法向社会公示验收报告。

在开始运营本项目手术室后，应密切注意辐射工作人员个人剂量数值，根据累积剂量及时调整工作量，防止个人剂量超标。

### 辐射事故应急

建设单位已根据可能产生的辐射事故情况制定事故应急预案，应急预案内容包括：

- (1) 应急机构和职责分工；
- (2) 应急人员的组织、培训以及应急救助的装备、资金、物资准备；
- (3) 应急演练计划；
- (4) 辐射事故分级与应急响应措施；

(5) 辐射事故调查、报告和处理程序。

实施本项目的成都市妇女儿童中心医院应依据《中华人民共和国放射性污染防治法》《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》（环发〔2006〕145号文）要求，发生辐射事故时，医院应立即启动医院内部的事故应急预案，采取必要防范措施，并在2小时内向所在地生态环境部门（成都市生态环境局值班电话028-61885200）报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的，同时向卫生健康部门（成都市卫生健康委员会028-61881910）报告。事故发生后医院应积极配合生态环境部门及卫生健康部门调查事故原因，并做好后续工作。

表 13 结论与建议

## 结论

### 1. 实践正当性

核技术在医学上的应用在我国是一门成熟的技术，在医学诊断、治疗方面有其他技术无法替代的特点，对保障健康、拯救生命起到了十分重要的作用。本项目的建设可以更好地满足患者就诊需求，提高对疾病的诊治能力，核技术应用项目的开展，对保障人民群众身体健康、拯救生命起了十分重要的作用。医院在放射诊断和介入治疗过程中，对射线装置的使用将按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，对射线装置的安全管理将建立相应的规章制度。在正确使用和管理射线装置的情况下，可以将该项目辐射产生的影响降至尽可能小。因此，本项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的要求。

### 2. 产业政策相符性与代价利益分析

成都市妇女儿童中心医院为满足患者医疗需求在科技综合楼新增介入治疗相关核技术利用项目，其建设性质符合国家发展和改革委员会令第 7 号《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目属鼓励类第三十七项“卫生健康”第 1 条“医疗服务设施建设”，符合国家产业发展政策。

根据表 11-4、表 11-5 和表 11-6 可知，DSA-CT 复合手术室四周墙体、铅防护门、观察窗、顶棚和地坪的屏蔽条件均能满足辐射屏蔽的要求，即透视和拍片时在设计的防护条件下，屏蔽体外 0.3m 处的周围剂量当量率均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）和本项目剂量约束值，周围剂量当量率应不大于 2.5 $\mu$ Sv/h”要求。根据表 11-7 和表 11-8 可知，本项目运行后，相关的辐射工作人员以及周围公众受到的年有效剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对职业人员和公众受照剂量限值和本项目剂量约束值的要求。且建设单位已为辐射工作人员建立个人剂量档案，定期进行职业健康体检和建立职业健康档案。

综上所述，本项目经过专门的屏蔽后，可将本项目对周围环境的辐射影响减小到足够小，并且建设单位在本项目进出口设置门禁，禁止无关人员进入，对辐射工作人员建立个人剂量档案和定期进行职业健康体检，使本项目对辐射工作人

员和公众产生的影响可控,因此本项目产生的影响将远远小于本项目带来的收益。

### 3. 选址、布局

#### 项目地理和场所位置

成都市妇女儿童中心医院位于成都市青羊区日月大道一段 1617 号,医院东侧为万和中心 3 号楼、4 号楼和成都光华智慧停车场建设有限公司,南侧为光华东一路,西侧为成飞大道,北侧为日月大道。

本项目 DSA-CT 复合手术室拟建在成都市妇女儿童中心医院科技综合楼,科技综合楼四周围被院区道路环绕,北侧隔院区道路为行政楼;西侧为院区道路和绿化;南侧为院区道路(包含消防登高操作场地);东侧为院区道路和绿化。

本项目 DSA-CT 复合手术室拟建位置位于科技综合楼 2 楼,DSA-CT 复合手术室东侧为 DSA 辅助用房、CT 停车间和 CT 设备间;南侧为污物通道;西侧为 MR 检查室;北侧为控制连廊;楼上为设备夹层(摆放通排风设备及管道);楼下为教研室、前沿技术试验分中心。CT 诊断区东侧为手术室;南侧为污物通道;西侧为 DSA 辅助用房、CT 停车间和 CT 设备间;北侧为控制连廊;楼上为设备夹层(摆放通排风设备及管道);楼下为决策分析中心。

本项目辐射工作场所 DSA-CT 复合手术室有效使用面积为 59.84m<sup>2</sup>(最小单边长为 6.80m,净高 4.95m,吊顶高 3.00m),CT 诊断区有效使用面积为 51.00m<sup>2</sup>(最小单边长为 6.80m,净高 4.95m,吊顶高 3.00m),满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)中“CT 机房(不含头颅移动 CT)最小有效使用面积为 30m<sup>2</sup>,机房内最小单边长度为 4.5m”的要求;其余配套功能用房主要由: DSA 辅助用房(有效使用面积: 7.60m<sup>2</sup>)、CT 设备间(有效使用面积: 6.40m<sup>2</sup>)、CT 停车间(有效使用面积: 18.00m<sup>2</sup>)、控制连廊(DSA-CT 复合手术室和 CT 诊断区共用,有效使用面积: 133.52m<sup>2</sup>)等房间组成。

### 4. 辐射屏蔽能力分析

本项目屏蔽体参数见下表,屏蔽材料铅当量计算见表 10。

表 13-1 本项目屏蔽体参数一览表

DSA-CT 复合手术室		
屏蔽方位	设计屏蔽材料及屏蔽厚度	等效屏蔽效果
四周墙体	4mmPb 铅板	4.00mm 铅当量
楼板	120mm 混凝土+4mmPb 铅板	1.25mm 铅当量+4mm 铅当量 =5.25mm 铅当量

地面	120mm 混凝土+50mm 硫酸钡水泥	<b>1.25mm 铅当量+3.40mm 铅当量 =4.65mm 铅当量</b>
观察窗（1 扇）	20mm 厚铅玻璃观察窗	<b>4.00mm 铅当量</b>
防护门（5 扇）	4mmPb 铅板	<b>4.00mm 铅当量</b>
<b>CT 诊断区</b>		
屏蔽方位	设计屏蔽材料及屏蔽厚度	等效屏蔽效果
四周墙体	4mmPb 铅板	<b>4.00mm 铅当量</b>
楼板	120mm 混凝土+4mmPb 铅板	<b>1.25mm 铅当量+4mm 铅当量 =5.25mm 铅当量</b>
地面	120mm 混凝土+4mmPb 铅板	<b>1.25mm 铅当量+4mm 铅当量 =5.25mm 铅当量</b>
观察窗（1 扇）	20mm 厚铅玻璃观察窗	<b>4.00mm 铅当量</b>
防护门（4 扇）	4mmPb 铅板	<b>4.00mm 铅当量</b>
<b>拟配备的防护用品</b>		
吊屏/铅帘	/	<b>0.50mm 铅当量</b>
铅衣	/	<b>0.50mm 铅当量</b>
铅屏/铅帘+铅衣	/	<b>1.00mm 铅当量</b>
铅手套	/	<b>0.10mm 铅当量</b>

根据理论计算手术室屏蔽墙、楼板、地面、观察窗、防护门的屏蔽厚度满足以及《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。

### 5. 周围剂量当量率及保护目标年有效剂量

根据理论计算，DSA-CT 复合手术室和 CT 诊断区四周墙体、铅防护门、观察窗、顶板和地面的屏蔽条件均能满足辐射屏蔽的要求，即透视和拍片时在设计的防护条件下，屏蔽体外表面 30cm 外的周围剂量当量率均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求。本项目辐射工作人员、周围公众年有效剂量均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）剂量限值和本项目剂量约束值的要求（职业人员年有效剂量不超过 5mSv；职业人员单季度剂量约束值为 1.25mSv；公众年有效剂量不超过 0.1mSv）。

### 6. 辐射安全措施

本项目所有辐射工作人员已按照国家有关要求为其建立个人剂量档案和建立职业健康档案，医院拟为 DSA-CT 复合手术室配备 1 台便携式巡测仪、4 台个人剂量报警仪。DSA-CT 复合手术室和 CT 诊断区各防护门的门口拟设置电离辐射

警告标志和工作状态指示灯，且工作状态指示灯和 DSA-CT 复合手术室的门能有效联动。控制台和 DSA-CT 复合手术室和 CT 诊断区拟设置对讲装置，DSA-CT 复合手术室和 CT 诊断区平开门拟设置闭门装置，电动门拟设置防夹装置。本项目两台射线装置自带紧急停机按钮，DSA-CT 复合手术室和 CT 诊断区内患者通道防护门旁拟设开门按钮方便逃生。本项目医护人员和患者拟配备辐射防护用品及设备局部防护用品，要求规格均符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求。此外，本项目辐射工作场所周围拟张贴放射防护注意事项告知栏（患者通道防护门）和制度板（控制室连廊）。控制区入口将张贴电离辐射警告标志，监督区张贴监督区标志。同时，建设单位将确保 DSA-CT 复合手术室和 CT 诊断区周围配套有灭火器材。

## 7. 辐射环境管理

- 1) 委托有资质的单位每年对辐射工作场所周围环境辐射剂量率进行监测；
- 2) 医院将定期使用已有仪表对工作场所辐射水平进行监测；
- 3) 医院已委托有资质的公司开展个人剂量监测，所有在职辐射工作人员已佩戴个人剂量计。如果发现个人剂量监测结果有异常情况，医院应及时跟监测单位核实数据原因，及时发现、解决问题。医院应根据现有核技术应用情况完善辐射环境监测方案。

成都市妇女儿童中心医院本项目运营之后，本项目若有新增的辐射工作人员，医院应将尽快安排相关辐射工作人员进行职业健康体检，确认是否适合从事放射性工作，并为其建立个人剂量监测档案。根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》以及《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲》的要求，成都市妇女儿童中心医院将不断完善相关管理制度。

## 8. 项目环保竣工验收检查内容

表 13-2 项目环保竣工验收检查一览表

项目	环保措施
辐射屏蔽措施	四周墙体为 4mmPb 铅板 顶板为 120mm 混凝土+4mmPb 铅板 DSA-CT 复合手术室地面为 120mm 混凝土+50 硫酸钡水泥，CT 诊断区 地面为 120mm 混凝土+4mmPb 铅板
	防护门均内衬 4mm 铅板，共计 9 扇
	20mm 厚铅玻璃观察窗，共计 2 扇
废气治理措施	通风系统 2 套
安全措施	门灯联锁（含工作状态指示灯）9 套

	急停按钮：设备自带 2 个（床旁和控制台自带 1 个）
	闭门装置 4 个
	开门按钮 2 个
	2 套对讲系统
	5 个防夹装置
	电离辐射警告标志 9 个、监督区警戒线 8 处
	放射防护注意事项告知栏和制度牌 2 套
防护用品	4 套医护防护用品及 1 套患者防护用品
监测	1 台便携式辐射监测仪
	4 台个人剂量报警仪
	32 套个人剂量计
其他	1 套灭火器材

根据《国务院关于修改〈建设项目环境保护管理条例〉的决定》，工程建设执行污染治理设施应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。根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》，项目投入运行后，医院应当按照国务院生态环境行政主管部门规定的标准和程序，自行对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，并依法向社会公开验收报告。根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》第十二条 除需要取得排污许可证的水和大气污染防治设施外，其他环境保护设施的验收期限一般不超过 3 个月；需要对该类环境保护设施进行调试或者整改的，验收期限可以适当延期，但最长不超过 12 个月。建议建设单位在本项目环境保护设施竣工后 3 个月内进行竣工环保验收。

综上所述，成都市妇女儿童中心医院新建 DSA-CT 复合手术室项目符合实践正当化原则，（已）拟采取的辐射安全和防护措施适当，工作人员及公众受到的年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。在落实本报告提出的各项污染防治和管理措施后，医院将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和具备相应的辐射安全防护措施，其设施运行对周围环境产生的影响较小，故从辐射环境保护角度论证，项目可行。

#### 建议和承诺

1) 该项目运行中，应严格遵循操作规程，加强对操作人员的培训，杜绝麻痹大意思想，以避免意外事故造成对公众和职业人员的附加影响，使对环境的影响降低到最低。

2) 各项环保设施及辐射防护设施必须正常运行，严格按国家有关规定要求进

行操作，确保其安全可靠。定期进行辐射工作场所的检查及监测，如发现监测结果超过管理限值，应及时查找原因、排除事故隐患，把辐射影响减少到“可以合理达到的尽可能低的水平”。