

编号：HSMD-0230104

## 核技术利用建设项目

# 神木市大柳塔试验区人民医院新增 DSA 装置 应用项目环境影响报告表 (报批版)

神木市大柳塔试验区人民医院

二〇二三年八月

环境保护部监制

# 核技术利用建设项目

## 神木市大柳塔试验区人民医院新增 DSA 装置应用项目环境影响报告表

建设单位名称：神木市大柳塔试验区人民医院

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：陕西省榆林市神木市大柳塔实验区  
神东小区滨河路 1 号

邮政编码：719315      联系人：马科长

电子邮箱：

联系电话：13847776957

## 编制单位和编制人员情况表

项目编号	r5e38w		
建设项目名称	神木市大柳塔试验区人民医院新增DSA装置应用项目环境影响报告表		
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）	神木市大柳塔试验区人民医院		
统一社会信用代码	12610821MB2963695K		
法定代表人（签章）	郭宽明 		
主要负责人（签字）	马国瑞 		
直接负责的主管人员（签字）	马国瑞 		
<b>二、编制单位情况</b>			
单位名称（盖章）	陕西豪世迈达环保工程有限公司		
统一社会信用代码	91610104MA6WPY300H		
<b>三、编制人员情况</b>			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
甄喜	2014035130350000003511130073	BH016126	
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
张爱平	项目的基本情况、放射源、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、环境影响评价分析、结论与建议。	BH054256	

# 目 录

表 1 项目基本情况 .....	- 1 -
表 2 放射源 .....	- 31 -
表 3 非密封放射性物质 .....	- 31 -
表 4 射线装置 .....	- 32 -
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物） .....	- 33 -
表 6 评价依据 .....	- 34 -
表 7 保护目标与评价标准 .....	- 37 -
表 8 环境质量和辐射现状 .....	- 45 -
表 9 工程分析与源项 .....	- 52 -
表 10 辐射安全与防护 .....	- 64 -
表 11 环境影响分析 .....	- 89 -
表 12 辐射安全管理 .....	- 120 -
表 13 结论与建议 .....	- 136 -
表 14 审批 .....	- 143 -

## 附图

附图 1 医院地理位置图

附图 2 医院平面布置示意图

附图 3 DSA 导管室平面布局示意图

附图 4 DSA 导管室所在楼层平面布置示意图和路径图

附图 5 DSA 导管室四至示意图

## 附件

附件 1 委托书

附件 2 辐射安全许可证

附件 3 现有射线装置明细

附件 4 项目 DSA 设备技术参数

附件 5 环境本底辐射水平检测报告

附件 6 辐射防护相关管理制度

附件 7 射线装置检测报告

附件 8 放射工作人员个人剂量监测报告

附件 9 原有核技术利用环保手续的批复文件

附件 10 项目内部立项文件

附件 11 榆林市生态环境局不予行政处罚决定书

附件 12 技术咨询专家组意见

附件 13 专家李立新评审意见修改说明

附件 14 专家王珍评审意见修改说明

### 表 1 项目基本情况

建设项目名称		神木市大柳塔试验区人民医院新增 DSA 装置应用项目			
建设单位		神木市大柳塔试验区人民医院			
法人代表	郭宽明	联系人	马科长	联系电话	<input type="text"/>
注册地址		陕西省榆林市神木市大柳塔实验区神东小区滨河路 1 号			
项目建设地点		陕西省榆林市神木市大柳塔实验区神东小区滨河路 1 号，神木市大柳塔试验区人民医院创伤急救大楼三层			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）	1200	项目环保投资（万元）	79.5	投资比例（环保投资/总投资）	6.63%
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input checked="" type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他		占地面积（m <sup>2</sup> ）	52.36m <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"/> 制作 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	/			

## 1.1 项目概述

### 1.1.1 建设单位简介

神木市大柳塔试验区人民医院（以下称“建设单位”）前身是神东总医院，始建于1988年，后来与东胜精煤公司医院合并为神华神东公司矿区总医院。建设初期全院仅有妇产科、综合内科、综合外科、五官科四个科室约30名医护人员。经过30多年的发展，现有39个科室（包括卫生所）360名员工。2009年6月，被授予二级甲等医院，2017年顺利通过二级甲等综合医院复审。多年来，该院以一流的医疗技术、先进的医疗设备和优秀的专家团队为大柳塔试验区及周边群众和矿区职工健康保驾护航，承担着神东公司及周边地区的矿山创伤医疗救护、职业病筛查、预防接种及突发公共卫生事件处理等医疗和保健服务工作。

目前，建设单位已取得榆林市生态环境局核发的《辐射安全许可证》（陕环辐证〔60055〕），许可的种类和范围：使用III类射线装置。有效期至2025年05月05日。

### 1.1.2 核技术应用的目的和任务

近年来，随着医疗服务对象的扩大及人民群众对医疗服务质量要求的提高，为促进拓展医院医疗诊疗项目，建设单位拟新购1台西门子医疗系统有限公司生产的Artis zeego III型数字减影血管造影X射线机（以下简称“DSA”），设置在创伤急救大楼三层改建的一间DSA导管室内。根据《关于发布<射线装置分类>的公告》，拟新购置的DSA装置属于II类射线装置，为单管头设备，主束方向由下朝上，最大管电压125kV，最大管电流1000mA。

**本项目中 DSA 装置的应用目的和任务是：医院心血管内科、介入医学科和放射科的相关介入手术使用，用于神经介入手术、心脑血管介入手术、外周血管介入手术等其他介入类型手术。此次系建设单位首次申请开展介入放射学工作。**

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，项目建设单位在申请《辐射安全许可证》前，应组织编制或者填报环境影响评价文件，并依照国家规定程序报生态环境主管部门审批。

对照《关于发布<射线装置分类>的公告》（环境保护部 国家卫生和计划生育委员会 公告2017年第66号），该设备属于血管造影用X射线装置的分类范围，应为II类射线装置。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》（生态环境部令第16

号，2021年1月1日起施行）及《关于修改〈建设项目环境影响评价分类管理名录〉部分内容的决定》（生态环境部令第1号），本项目属于“五十、核与辐射”中“172、核技术利用建设项目—使用Ⅱ类射线装置”，环境影响评价文件形式应为编制环境影响报告表。

2022年10月24日，榆林市生态环境局在对建设单位调查过程中发现“该院于2022年9月按照一台Ⅱ类射线装置DSA血管机，未报批环境影响评价文件。现场检查时，该设备未使用，一直处于封存状态”，该行为违反了《中华人民共和国环境影响评价法》第二十五条“建设项目的环评文件未依法经审批部门审查或者审查后未予批准的，建设单位不得开工建设”的规定，由于建设单位“违法行未造成环境污染后果，且企业自行实施停止建设、停止生产等措施”的行为，榆林市生态环境局对建设单位不予行政处罚。2023年10月24日，榆林市生态环境局再调查过程中发现建设单位原违法行为依旧存在，根据有关规定，榆林市生态环境局责令建设单位改正违法行为。

因此，建设单位委托陕西豪世迈达环保工程有限公司（以下称“评价单位”）开展神木市大柳塔试验区人民医院核技术利用扩建项目环境影响报告表的编制工作，委托书见附件1。

在接受委托后，评价单位对本项目进行现场调查，同时委托浙江多谱检测科技有限公司对本项目所处场所进行了 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率监测，继而在查阅设计资料、相关文献和出版物的基础上，结合本项目的辐射危害特征，从辐射防护的角度论证项目的可行性，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》（HJ 10.1-2016）的要求，编制完成了本环境影响报告表。

对项目拟建地及周围进行辐射环境质量现状监测，了解辐射环境现状水平，并对拟开展的核技术应用项目运行后的环境影响进行预测评价，掌握其运行后项目周围的辐射水平，对不利影响和存在的问题提出防治措施，把环境影响减少到“可合理达到的尽可能低水平”，为该项目的辐射环境管理提供科学依据，最终满足国家和地方生态环境部门对建设项目环境管理规定的要求。

### 1.1.3 实践正当性分析

数字减影血管造影设备（DSA）对提高心脑血管疾病治疗水平具有重大意义，在保



障病人健康的同时也为医院创造了更大的经济效益。因此，神木市大柳塔试验区人民医院DSA核技术利用项目的建设所带来的社会、经济利益远大于可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“实践正当性”要求。

#### 1.1.4 项目目前建设情况

目前，该项目DSA装置已购买，已投入使用。DSA所在介入手术室的辐射防护工程已建设完成，内部处于装修阶段。目前创伤急救大楼三层原OP1手术室部分进行装修板材拆除，在辐射防护工程装修阶段，现场拆除工作已在施工过程中。



现场施工装修时的现场照片



施工完毕后现场照片

## 1.2项目概况

### 1.2.1项目建设内容及规模

神木市大柳塔试验区人民医院位于陕西省榆林市神木市大柳塔实验区神东小区滨河路1号，项目建设内容包括：神木市大柳塔试验区人民医院拟新购1台DSA（125kV，1000mA），设置在创伤急救大楼三层的1间经辐射防护工程改造后改建的1间DSA导管室内，用于影像诊断和介入放射学手术治疗。设备型号为：Artis zeego III型数字减影血管造影X射线机，球管的主束方向由下朝上，为单管头设备，最大管电压125kV，最大管电流1000mA，属于II类射线装置。项目总投资1200万元，其中环保投资79.5万元，占总投资的6.63%。

该DSA导管室所在的原为创伤急救大楼三层均为手术区域，DSA导管室原为1间普通万级洁净手术室（原挂牌“OP1手术室”），原OP1手术室四周墙体均为普通复合材料隔板，顶棚和地坪均为12cm现浇混凝土结构，原OP1手术室门均为复合材料加不锈钢板

包裹的门。

现拟采用辐射防护工程改造，具体改建方案如下：

拆除原OP1手术室普通复合材料隔板搭建的四周墙体，采用轻钢龙骨+2mmPb铅板+2mmPb硫酸钡防护板（多层硫酸钡板须错缝铺设，缝隙处采用硫酸钡防护涂料封堵）新修砌四周墙体，施工高度为2.8m，拆除原有地面和顶面的吊顶结构，顶部在原有12cm现浇混凝土基础层下方搭建龙骨钢架并铺设4mmPb硫酸钡防护板的防护材料，地坪拆除原有手术室装修结构后，将混凝土垫层往下挖4cm，再做4mmPb硫酸钡防护涂料进行填平。拆除原有普通手术室门，新购置4扇内衬铅板的内外包裹不锈钢防护门，铅当量均为4mmPb，其中1扇防护门为受检者（患者）专用防护门，位于DSA导管室北墙中部，采用电动推拉门的形式；1扇为工作人员出入的防护门，位于DSA导管室东墙北侧，采用手动平开式单扇防护门；1扇为污物通道专用防护门，位于DSA导管室南墙西侧，采用手动平开式单扇防护门；1扇防护门为DSA设备间与DSA导管室隔墙设置的防护门，位于DSA导管室西墙北侧，采用手动平开式单扇防护门。另外在改建后的DSA导管室与其控制室隔墙安装1扇4mmPb成品铅玻璃观察窗，观察窗与墙体衔接处采用4mmPb铅板嵌套以防止漏射线。

整体改建内容包括DSA导管室及其辅助功能用房（设备间、控制室、库房），拟继续沿用原有手术室区域内的医护工作用房、更衣换鞋区域和其他手术用物品存放专用功能用房。创伤急救大楼三层面积约为2870m<sup>2</sup>，其中与本项目相关的改建工程中DSA导管室有效使用面积52.36m<sup>2</sup>，净空尺寸：长6.80m×宽7.70m×高2.80m（吊顶），另外包括配套辅助用房：控制室1间，建筑面积21.37m<sup>2</sup>；设备间1间，建筑面积10.28m<sup>2</sup>；

改建后的DSA导管室屏蔽防护情况：

1) 四周墙体：轻钢龙骨+2mmPb铅板+2mmPb硫酸钡防护板，折算总铅当量4mmPb；

2) 顶棚：12cm现浇混凝土+4mmPb硫酸钡防护板，折算总铅当量5.44mmPb（DSA的最大管电压为125kV，查《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）附录C表C.2和表C.3，得铅、混凝土和实心砖对管电压为125kV对X射线辐射衰减的有关的拟合参数，从而计算出12cm现浇混凝土的铅当量为1.44mmPb）；

3) 地板: 12cm现浇混凝土+4mmPb硫酸钡防护涂料, 折算总铅当量5.59mmPb (同上估算出12cm现浇混凝土的铅当量为1.59mmPb);

3) 观察窗: 4mmPb铅玻璃, 折算总铅当量4mmPb;

4) 防护门 (4扇): 内衬4mm厚铅板, 折算总铅当量4mmPb。

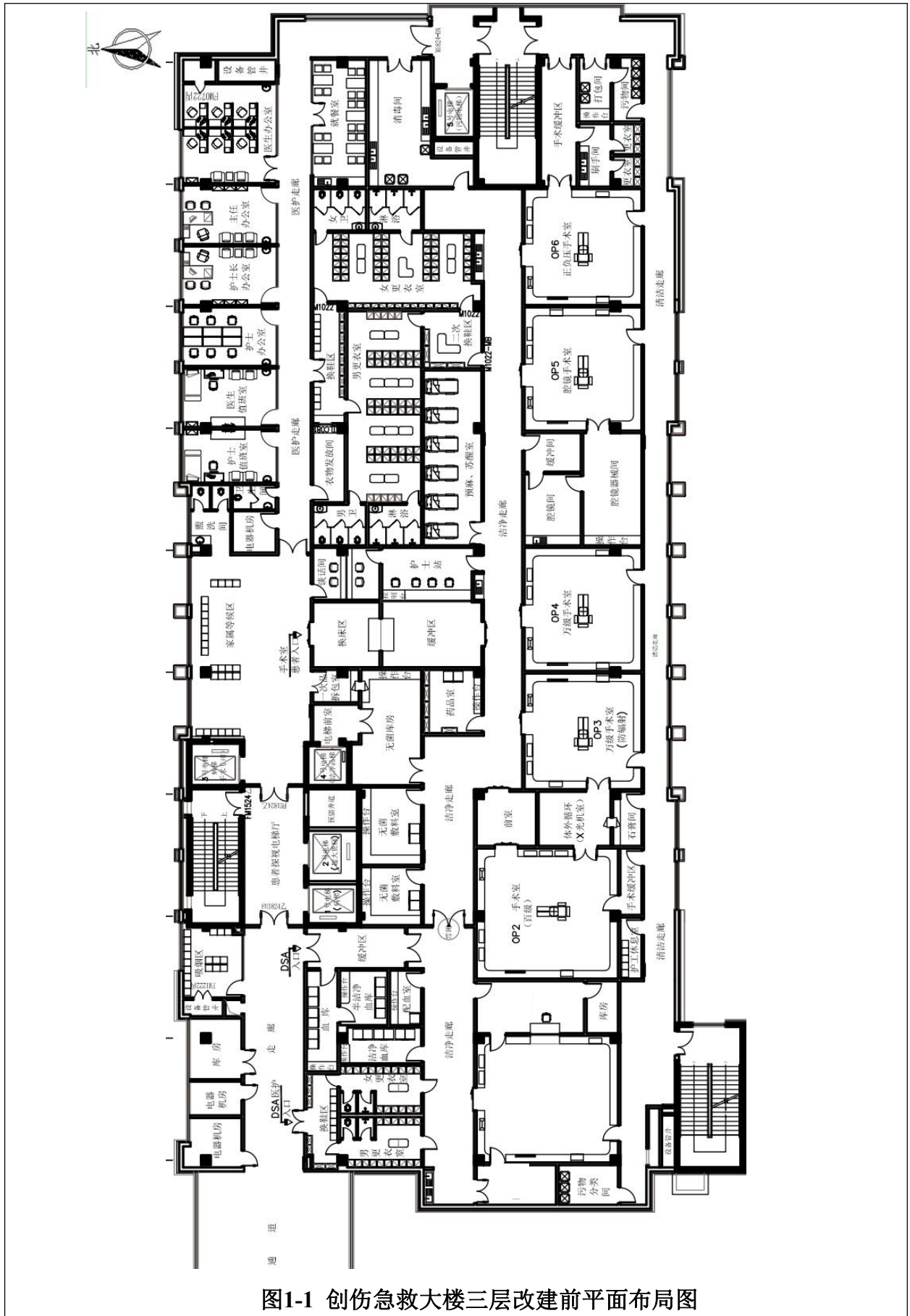


图1-1 创伤急救大楼三层改建前平面布局图

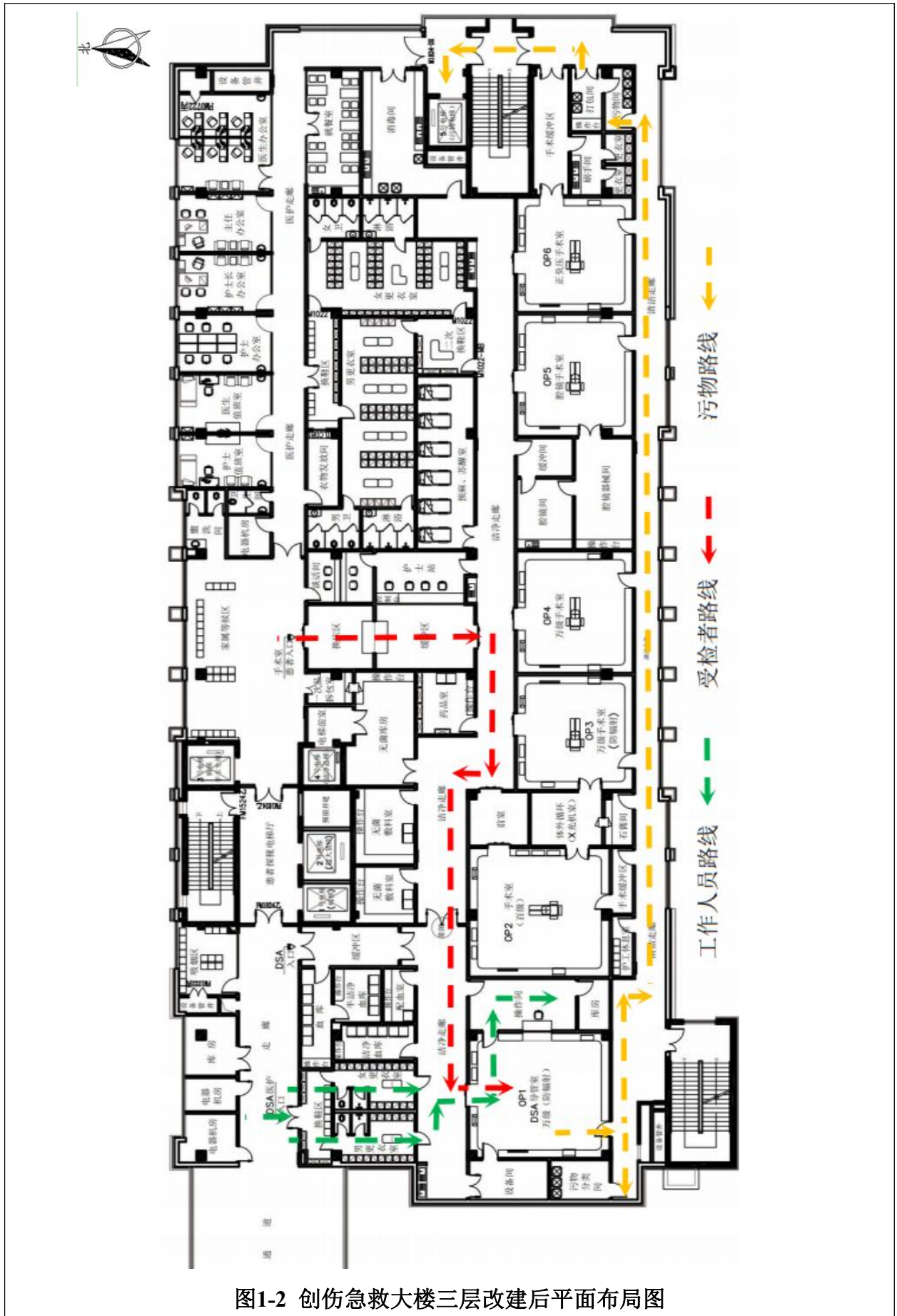


图1-2 创伤急救大楼三层改建后平面布局图

### 1.2.2主要原辅材料

本项目主要原辅材料及能耗情况见表1-1。

**表1-1主要原辅材料及能耗情况表**

类别	名称	年最大消耗量	来源	用途	备注
主要原辅材料	造影剂*	200L	外购	造影拍片	非放射性物质
能源	电	1×10 <sup>4</sup> kWh	城市电网	机房及辅助用房用电	能源
水	生活用水	1500m <sup>3</sup>	城市生活用水管网	生活用水	/

注\*：造影剂主要成分为碘帕醇，是为增强影像观察效果而注入（或服用）到人体组织或器官的化学制品，具有粘稠度低、渗透压小、物化性质稳定和容易排泄等特点。医院按需定期对外采购造影剂，均为瓶装储存（20~50ml/瓶）。

### 1.2.3主要设备配置及主要技术参数

本项目射线装置主要技术参数见表1-2，拟运行工况见表1-3，设备出束时间见表1-4。

**表1-2 本项目DSA主要技术参数**

设备名称	数量	厂家/型号	主要技术参数		出束方向	用途	备注
			最大管电压	最大管电流			
DSA	1	西门子医疗系统有限公司/Artis zeego III	125kV	1000mA	由下朝上	影像诊断和介入放射学手术治疗	拟新购置

**表1-3 DSA拟运行工况一览表**

设备名称	摄影		透视	
	拟运行时管电压（kV）	拟运行时管电流（mA）	拟运行时管电压（kV）	拟运行时管电流（mA）
DSA	80~100	200~500	70~90	6~15

**表1-4 设备出束时间**

科室	单台手术最长时间（h）	单台手术曝光时间（min）		年手术台数（台）	年出束时间	
		摄影	透视		摄影（h）	透视（h）
神经中心	2.0	1	25	100	1.67	41.67
心血管内科	3.0	0.5	20	300	2.5	100
放射科	1	0.5	3	100	0.83	5
合计	/	/	/	500	5	146.67
年最大曝光时间（h）					151.67	

### 1.2.4 项目组成及主要环境问题

项目组成及主要环境问题见表 1-5。

表1-5 项目组成及主要的环境问题表

名称	建设内容及规模	可能产生的环境问题		备注
		施工期	运营期	
主体工程	<p>本项目位于陕西省榆林市神木市大柳塔实验区神东小区滨河路1号。该 DSA 导管室所在的原为创伤急救大楼三层均为手术区域，DSA 导管室原为1间普通万级洁净手术室（原挂牌“OP1 手术室”），原 OP1 手术室四周墙体均为普通复合材料隔板，顶棚和地坪均为 12cm 现浇混凝土结构，原 OP1 手术室门均为复合材料加不锈钢板包裹的门。拆除原 OP1 手术室普通复合材料隔板搭建的四周墙体，采用轻钢龙骨+2mmPb 铅板+2mmPb 硫酸钡防护板（多层硫酸钡板须错缝铺设，缝隙处采用硫酸钡防护涂料封堵）新修砌四周墙体，施工高度为 2.8m，拆除原有地面和顶面的吊顶结构，顶部在原有 12cm 现浇混凝土基础层下方搭建龙骨钢架并铺设 4mmPb 硫酸钡防护板的防护材料，地坪拆除原有手术室装修结构后，混凝土垫层往下挖 4cm，再做 4mmPb 硫酸钡防护涂料进行填平。拆除原有普通手术室门，新购置 4 扇内衬铅板的内外包裹不锈钢防护门，铅当量均为 4mmPb，其中 1 扇防护门为受检者（患者）专用防护门，位于 DSA 导管室北墙中部，采用电动推拉门的形式；1 扇为工作人员出入的防护门，位于 DSA 导管室东墙北侧，采用手动平开式单扇防护门；1 扇为污物通道专用防护门，位于 DSA 导管室南墙西侧，采用手动平开式单扇防护门；1 扇防护门为 DSA 设备间与 DSA 导管室隔墙设置的防护门，位于 DSA 导管室西墙北侧，采用手动平开式单扇防护门。另外在改建后的 DSA 导管室与其控制室隔墙安装 1 扇 4mmPb 成品铅玻璃观察窗，</p>	<p>利用既有设施，无施工期遗留问题。射线装置安装调试阶段产生的噪声、包装废物、X射线、少量臭氧、氮氧化物等污染物。</p>	<p>X 射线、臭氧、氮氧化物、噪声、医疗废物、医疗废水</p>	改建用房



	观察窗与墙体衔接处采用 4mmPb 铅板嵌套以防止漏射线。			
辅助工程	设有 1 间控制室（建筑面积约为 21.37m <sup>2</sup> ）、1 间设备间（建筑面积约为 10.28m <sup>2</sup> ）、1 间库房（建筑面积约为 6.2m <sup>2</sup> ）以及其他男更衣间、女更衣间、换鞋间、污物分类间。		/	改建用房
公用工程	排水、配电、供电和通讯系统等	生活污水、生活垃圾、	/	依托
办公及生活设施	医生办公室等	电力、通讯 依托医院原有设施，无施工期遗留问题	生活废水、生活垃圾	依托

### 1.3 劳动定员及工作制度

（1）劳动定员：使用本项目 DSA 开展手术的科室有神经中心、心血管内科、放射科，工作人员共 8 人，其中拟配备神经中心医师 1 人、放射科医师 1 名，心血管内科医师 2 人，技师 2 人，护士 2 人，以上 8 名工作人员均纳入辐射工作人员管理。本项目 8 名辐射工作人员由医院相应科室调配并经过专业技术培训后上岗，如有不足将从外部招聘，目前相关人员名单均未定。

该项目拟配备辐射工作人员的配置计划详见表 1-6。

表 1-6 本项目辐射工作人员配置计划一览表

使用科室	医师	技师	护士
神经中心	1	2*	2*
心血管内科	2		
放射科	1		

注：\*表示相互轮班，手术时一般为 2 名医师+1 名技师+1 名护士一组。

（2）工作制度：每天工作 8 小时，每年工作按 250 天计。

### 1.4 项目地理位置和周边保护目标关系

#### 1.4.1 地理位置及项目周边环境

### (1) 医院地理位置

神木市大柳塔试验区人民医院位于陕西省榆林市神木市大柳塔实验区神东小区滨河路1号，东经110°30'76.48"，北纬39°34'70.73"。医院东侧毗邻神东公司大柳塔小区和神东矿区爱心食堂（住宅小区，本项目DSA导管室实体边界距其最近距离约为180m），南侧毗邻神东公司大柳塔小区（住宅小区，本项目DSA导管室实体边界距其最近距离约为153m），西侧紧邻医院院外道路（院外道路，本项目机房实体边界距其最近距离约为59m），北侧紧邻神东火车站中心广场过道（院外道路，本项目机房实体边界距其最近距离约为141m）。西北侧毗邻神木市大柳塔第五立心小学（学校，本项目机房实体边界距其最近距离约为139m）。地理位置详见图1-3。

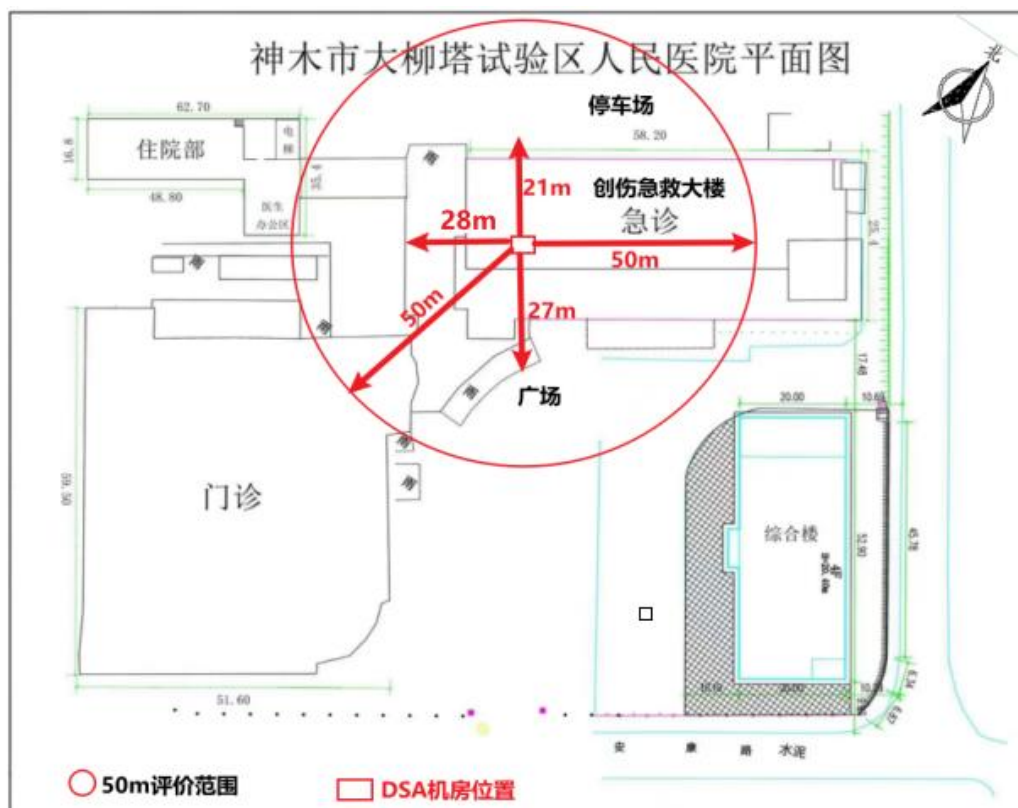


图 1-3 项目地理位置图

项目外环境关系及评价范围示意图见图1-4。



□ DSA机房位置 ○ 50m评价范围



○ 50m评价范围 □ DSA机房位置

图 1-4 项目外环境关系及评价范围示意图

## (2) 项目外环境关系

本项目拟建 DSA 导管室位于创伤急救大楼三楼。DSA 导管室拟建位置 50m 范围内分布主要有创伤急救大楼、门诊楼、综合楼前道路、停车场、住院部。医院外环境比较单一，主要为城居环境。本项目以 DSA 导管室实体防护屏蔽为边界，50m 评价范围均在院内。

正下方：创伤急救大楼 2F（CCU 病房和监护大厅），距离机房边界属于紧邻；

正上方：创伤急救大楼 4F（值班室），距离机房边界属于紧邻；

东北侧：创伤急救大楼内，50m 范围属于创伤急救大楼内；

东南侧：综合楼前广场，距离机房边界最近约 22m，50m 范围属于综合楼前道路；

南侧：门诊楼，距离机房边界最近约 50m，50m 范围属于门诊楼；

西南侧：住院部与创伤急救大楼的连廊，距离机房边界最近约 27m，50m 范围属于医生办公区；

西北侧：院内停车场，距离机房边界最近约 21m，50m 范围属于院内停车场。

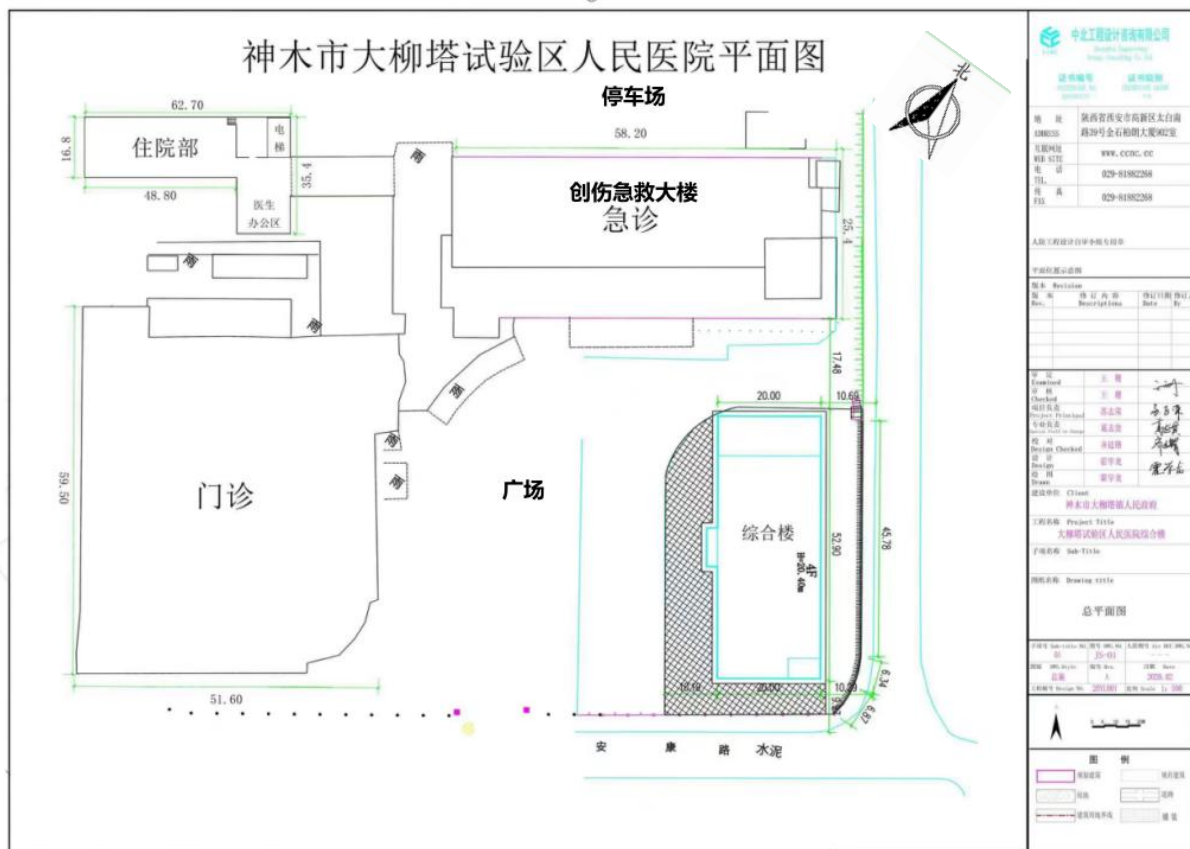


图1-5 医院总平面布局示意图

(3) 本项目DSA导管室

本项目拟新增的DSA装置拟设置于在创伤急救大楼三层改建的一间DSA导管室内（配套有控制室和设备间）项目50m评价范围内的环境情况详见图1-4。

因DSA机房属于斜向布设，为更好描述方位，本报告指定西北方向为正北方向进行描述。本项目DSA导管室的北侧为洁净走廊，东侧为操作间、库房，南侧为污物通道，西侧为设备间、污物分类间。DSA导管室正上方为值班室（人员不长居留）、正下方为CCU病房和监护大厅。

DSA导管室东墙距离创伤急救大楼三层东侧边界（楼梯间）距离为63m；50m范围的边界为OP6手术室；

DSA导管室南墙距离创伤急救大楼三层南侧边界（楼梯间）距离为7.8m；

DSA导管室西墙距离创伤急救大楼三层西侧边界（医护值班室）距离为27.2m；

DSA导管室北墙距离创伤急救大楼三层北侧边界（电器机房）距离为17.4m。

DSA导管室周边关系如表1-7所示。本项目DSA导管室南北向剖面图详见图1-6、DSA导管室平面布置图详见图1-7，DSA导管室四至图见图1-8。

表 1-7 DSA 导管室周边关系一览表

建筑物方位	东		南	西	北	上层	下层
建筑物名称	操作间	库房	清洁走廊	设备间、污物分类间	洁净走廊	值班室	CCU病房和监护大厅
人员居留情况	辐射工作人员	其他医护人员	其他医护人员	公众、其他医护人员	其他医护人员	其他医护人员	公众或其他患者
	全居留	偶然居留	偶然居留	偶然居留	偶然居留	偶然居留	全居留
毗邻关系	紧邻		紧邻	紧邻	紧邻	紧邻	紧邻

南北向剖面示意图

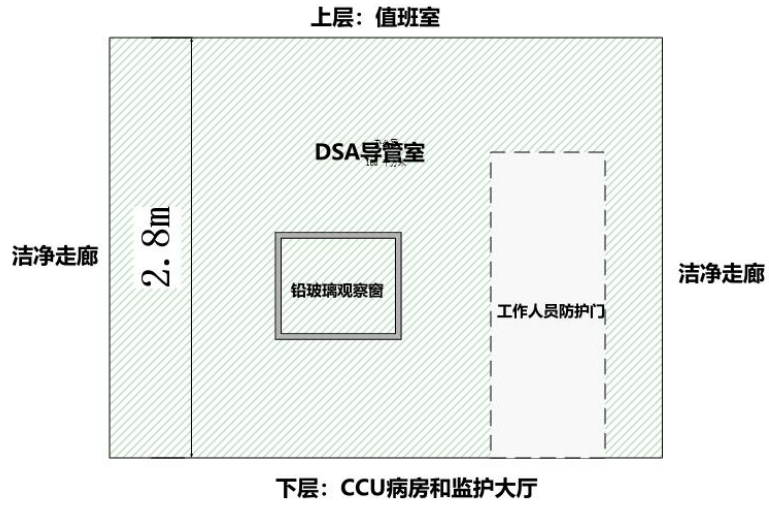


图 1-6 本项目 DSA 导管室剖面图

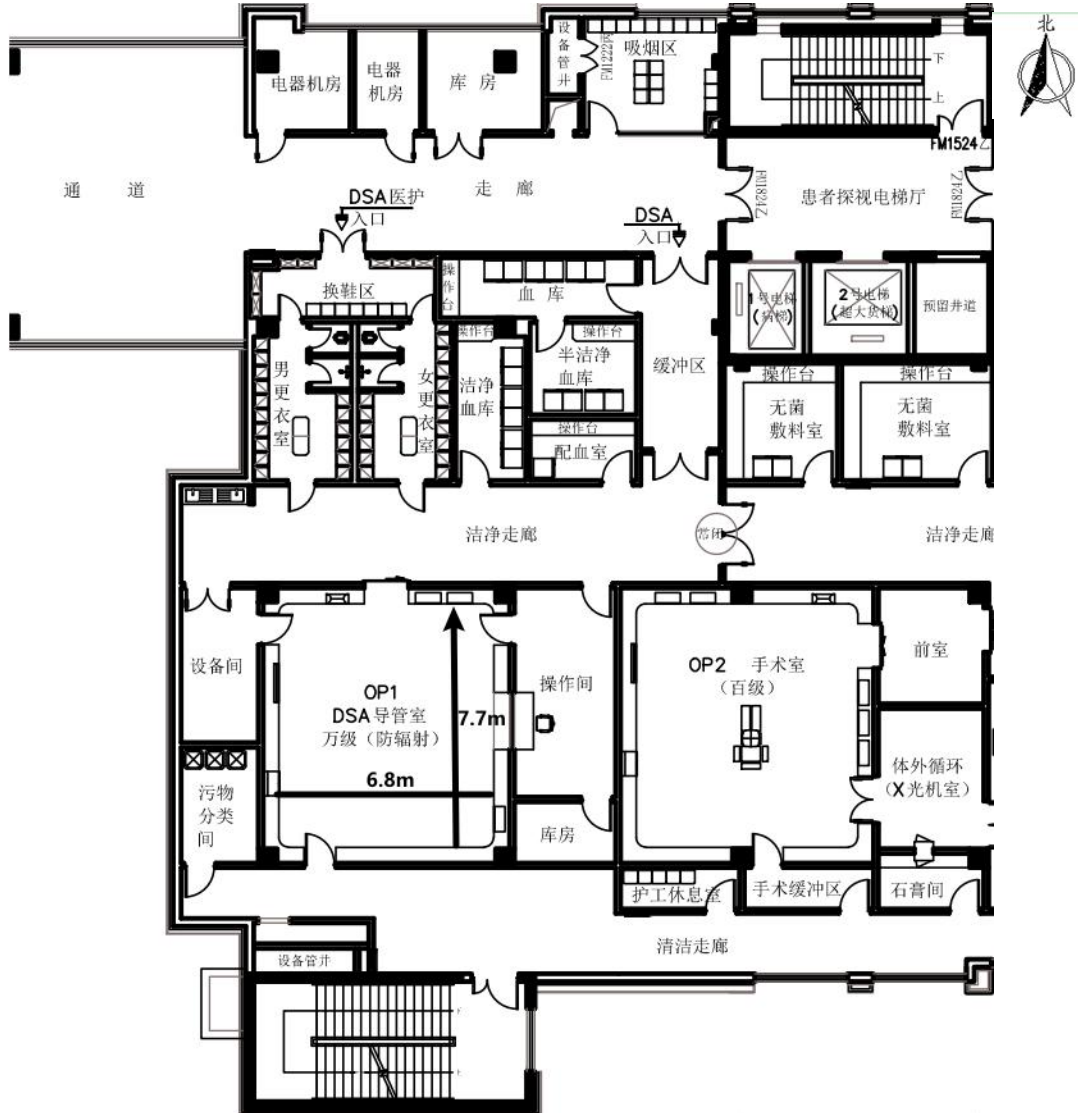
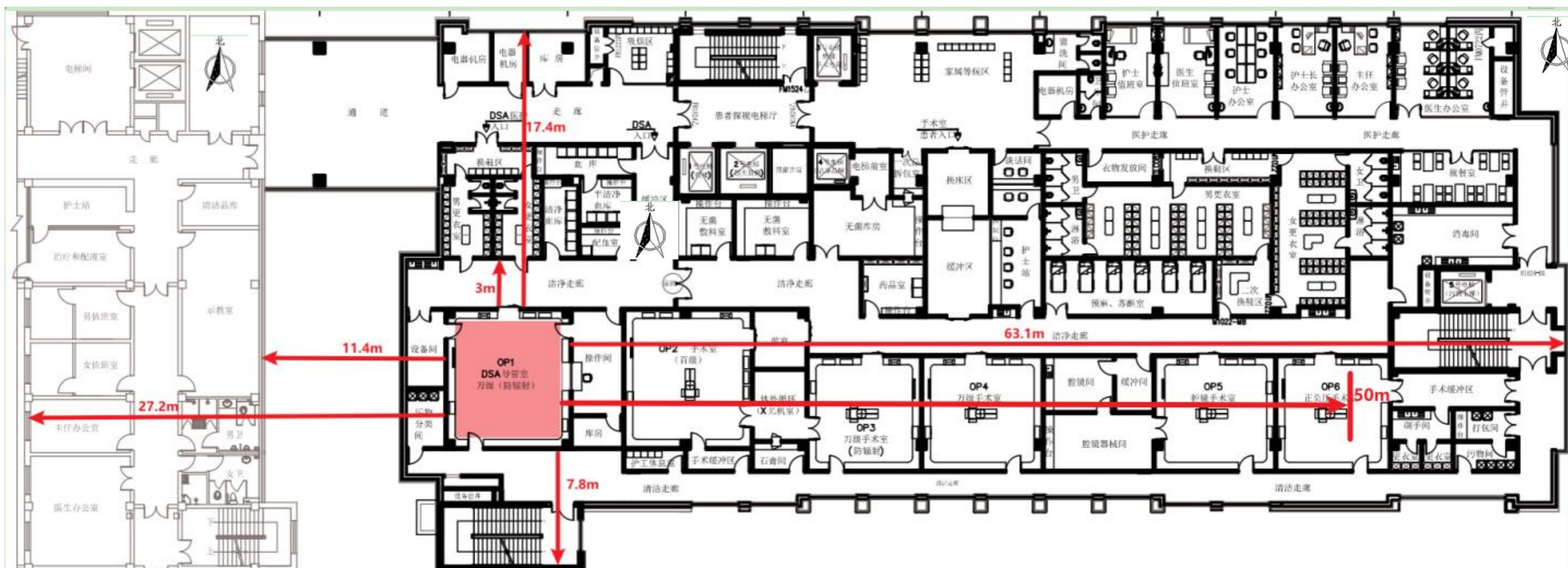


图 1-7 本项目 DSA 导管室平面布置图



图注：■ 评价项目位置

图 1-8 DSA 导管室四至图

## 1.5 选址、布局合理性分析

### 1.5.1 项目选址合理性分析

本辐射项目位于医院内部，不新增土地，项目用地属于医疗卫生用地，DSA导管室具体拟建于由院区内创伤急救大楼三层改建的一间DSA导管室内（配套有控制室和设备间），如图1-4、图1-5。综上所述，本项目选址考虑了机房四周及楼上、楼下情况，周围未毗邻妇产科、儿科门诊等辐射敏感场所，评价范围内无幼儿园、学校等敏感目标，避开了人群聚集点，选址周边无限制性因素，项目平面布置合理。本项目建成后运行过程中产生的电离辐射，经采取满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）要求的屏蔽措施和安全防护措施后，本项目辐射工作场所边界外50m范围主要为医院内部建筑物，所开展的核技术应用项目通过采取相应有效治理和屏蔽措施后对周围环境影响较小。综上所述，本项目的选址合理。

### 1.5.2 布局合理性分析

（1）本项目 DSA 导管室所属区域相对独立，在创伤急救大楼三层东侧一端，如图 1.2.1-2。DSA 导管室东侧为操作间、库房，南侧为污物通道，西侧为设备间、污物分类间，北侧为走廊；上层为值班室、下层为 CCU 病房和监护大厅。

（2）DSA 导管室及其配套房间集中布置，相对独立且人流较少，设有专门的患者通道及污物通道，降低了公众受到照射的可能性，且周围无明显环境制约因素。

（3）DSA 导管室设置患者通道、医护通道和污物通道，相互不交叉，患者通道的宽度满足患者手推车辆的通行，方便治疗。

（4）本项目的建设不影响消防通道，且不占用消防设施等任何公共安全设施。

综上所述，本项目各组成部分功能区明确，既能有机联系，又不互相干扰，且避开了人流量较大的门诊区或其它人员集中活动区域，并同时兼顾了患者就诊的方便性，所以总平面布局是合理的。

## 1.6 产业政策符合性分析

按照《产业结构调整指导目录（2019年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令第29号修改，2020年1月1日起施行）：“一、鼓励类十三、医药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”之规定，本项目属于“介入设备的应用”类项目，属于鼓励类，符合国家产业政策。

### 1.7 医疗实践正当性分析

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“4.3辐射防护要求”，“4.3.1实践的正当性 4.3.1.1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”。

神木市大柳塔试验区人民医院地理位置优越，病人能够就近治疗；DSA装置的应用，有其他技术无法替代的特点，在延缓病情、保证病人健康、挽救病人生命方面能起到十分重要的作用。本项目的应用将为病人提供一个优越的诊疗环境，提高人民生活质量，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，在保证病人健康的同时也为医院创造了更大的经济效益。因此，本项目的应用对受电离辐射照射的个人和社会带来的利益要远大于其可能引起的辐射危害，项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“医疗实践正当性”的要求。

### 1.8 评价目的

- (1) 对于本项目周围区域辐射环境现状进行监测，掌握区域辐射环境现状水平。
- (2) 分析项目在运行过程中对工作人员和公众以及环境造成的辐射影响。
- (3) 评价辐射防护措施效果，提出减少辐射危害的措施，为生态环境行政主管部门管理提供依据。
- (4) 对不利影响和存在的问题提出防治措施，把辐射影响减少到“可合理达到的尽量低水平”。
- (5) 通过项目环境影响评价，为建设单位环境保护和公众利益给予技术支持。
- (6) 为建设单位的辐射管理提供科学依据。

## 1.9 建设单位原核技术利用项目许可情况

### (1) 原有核技术项目回顾

榆林市生态环境局于2020年05月06日为神木市大柳塔试验区人民医院颁发了辐射安全许可证，证书编号为：陕环辐证（60055）。辐射安全许可证种类和范围为：使用III类射线装置。辐射安全许可证有效期至2025年05月05日。医院现有射线装置共12台，均已投入使用，但因各种原因，在射线装置投入使用后均未进行辐射环评登记（未履行相关环保手续），故在建设单位《辐射安全许可证》副本中均未登记。

医院现有核技术利用项目许可情况详见表1-8。

表1-8 现辐射安全许可证上已许可的射线装置一览表

序号	装置名称	类别	装置数量	活动类别	目前项目情况	备注
1	DR	III	1	使用	使用	均未在《辐射安全许可证》登记许可
2	X射线装置	III	1	使用	使用	
3	64排CT	III	1	使用	使用	
4	CT	III	1	使用	使用	
5	骨密度仪	III	1	使用	使用	
6	乳腺X机	III	1	使用	使用	
7	车载DR	III	1	使用	使用	
8	胃肠机	III	1	使用	使用	
9	移动DR	III	1	使用	使用	
10	口腔CT	III	1	使用	使用	
11	车载CT	III	1	使用	使用	
12	移动式X射线装置	III	1	使用	使用	

建设单位在用III类医用射线装置12台，经调查，建设单位2022年对全院所有射线装置工作场所均进行了年度监测，所有射线装置运行正常。经过分析建设单位提供的2022年度III类医用X射线装置的状态检测报告，分析可知医用X射线诊断设备质量控制检测的性能防护要求均符合相关标准的要求，详见陕西华大普泰检测技术有限公司出具的状态检测报告（报告编号：HDPT-2022-JC0114、HDPT-2022-JC0170）。III类医用X射线装置的工作场所辐射水平检测报告，检测结果均小于《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的限值要求，详见陕西华大普泰检测技术有限公司出具的状态检测报告（报

告编号：HDPT-2022-JC0115、HDPT-2022-JC0171)。医院尚未配备辐射环境自主监测设备。

表1-9放射工作场所关注点最大X-γ 辐射剂量率

序号	设备名称	型号/编号	检测条件	关注点最大X-γ辐射剂量率 (μSv/h)	标准限值 (μSv/h)
1	CT	TSX-101A/HEA07X 2942	120kV, 250mAs, 3s	0.16	≤2.5
2	CT	Discovery CT/HDDHX1700015 CN	120kV, 250mA, 2s	0.16	≤2.5
3	移动式X射线诊断设备	ARCADIS Varic/15261	89kV, 7.0mA, 3s	0.17	≤2.5
4	DR	YSIO/22243	121kV, 100mA, 100ms	0.17	≤25
5	箱式X光机	AKHX-50/200B/140 479	120kV, 100mA, 200ms	0.50	≤25
6	CT	Aquilion Lightning TSX-036A/4NC2112 374	120kV, 187mAs, 3s	2.20	≤2.5
7	全景X射线机	Planmeca ProOne/PRO0757163	70kV, 7mA, 10.0s	0.15	≤2.5
8	口腔CBCT	Smart 3D/DGCABICCE	100kV, 6mA, 18.0s	0.18	≤2.5
9	数字胃肠机	OPERA 1000MA/48159902B 010001	120kV, 100mA, 200ms	3.32	≤25
10	骨密度仪	Discovery WI/48161801A01001	100kV, 10mA	0.16	≤2.5
11	DR	NeuVision 480 /NV480-22030004	120kV, 100mA, 200ms	0.41	≤25
12	DR	NeuVision 650/NV650B210009	120kV, 100mA, 200ms	0.62	≤25

建设单位自开展辐射项目以来未发生辐射安全事故。建设单位辐射工作场所均设置有电

离辐射警示牌、报警装置和工作状态指示灯，根据不同机房实际情况划分辐射防护控制区和监督区，采取分区管理，为辐射工作人员配备了个人剂量计，并配备相应的个人防护用品和辅助防护设施。

## （2）建设单位辐射安全管理现状

神木市大柳塔试验区人民医院严格遵守《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关辐射防护法律、法规，配合各级环保部门监督和指导，辐射防护设施的运行、维护、检测工作良好，在辐射安全和防护制度的建立、落实以及档案管理等方面运行良好。

①建设单位已成立了辐射防护管理领导小组，并建立了一系列辐射安全管理制度，并严格执行。

建设单位现有辐射安全与防护管理制度适用于建设单位对维持辐射安全与环境保护的日常运行。**本环评建议建设单位修订辐射安全与防护管理制度，将卫生和环保制度分别列为两项制度，并增加辐射工作岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、辐射工作场所监测制度等内容。**

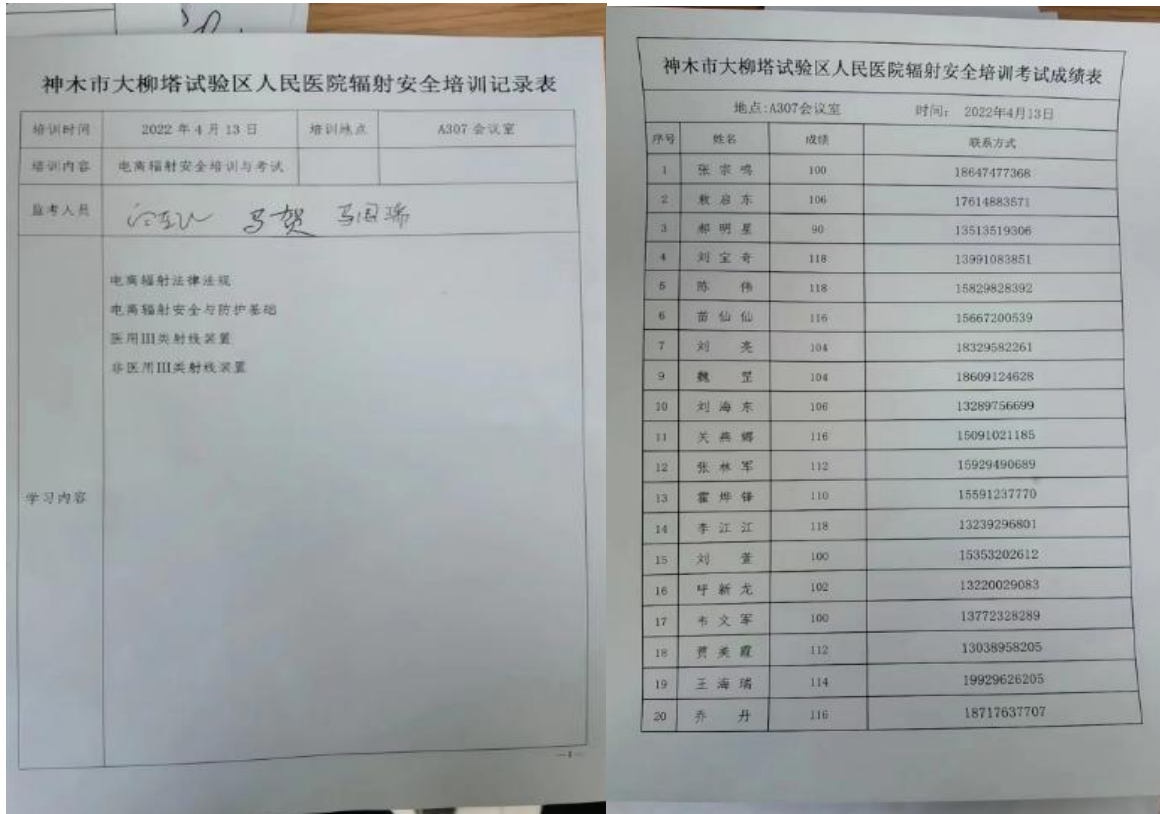
## ②辐射安全培训情况

建设单位制定有辐射工作人员辐射安全与防护培训考核计划，应严格执行辐射工作人员培训制度，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》（生态环境部公告2019年第57号）和《关于进一步优化辐射安全考核公告》（生态环境部公告第2021年第9号）以及《关于做好辐射安全防护培训与考核工作的通知》（陕西省生态环境厅，陕环辐射函〔2020〕29号，2020年4月26日发布），仅从事Ⅲ类射线装置使用活动的辐射工作人员无需参加集中考核，由核技术利用单位自行组织考核。自行考核结果有效期五年，有效期届满的，应当由核技术利用单位组织再培训和考核。从事使用Ⅱ类射线装置的辐射工作人员应在生态环境部培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn/>）上报名、培训并进行考核，经考核合格后方可上岗，并定期复训。

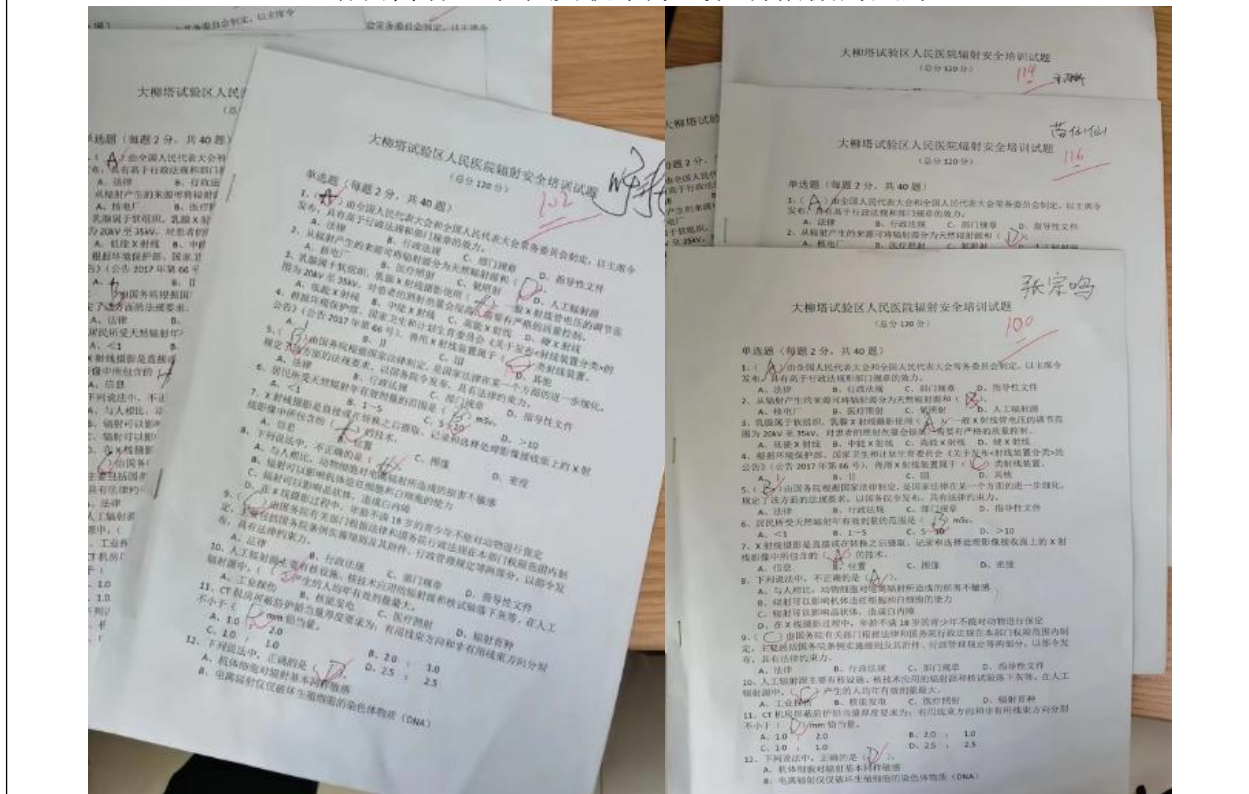
建设单位已于2022年4月13日组织全院在岗的20名辐射工作人员参加由院内A307会议室自行组织的辐射防护安全与防护培训，并参加了相应的考试，培训内容主要为：电离辐射法律法规、电离辐射安全与防护基础、医用Ⅲ类射线装置、非医用Ⅲ类射线装置等相关内容，考试结果均为合格。在本项目建成前，建设单位应及时组织从事Ⅱ类射线

装置（本项目DSA设备）的辐射工作人员应在生态环境部培训平台（

<http://fushe.mee.gov.cn/>）上报名、培训并进行考核，经考核合格后方可上岗，并定期复训。



培训内容记录表及联系方式现场拍摄的照片



考试试卷及答题分数现场拍摄的照片



现场培训时拍摄的照片

### ③个人剂量监测

根据《职业性外照射个人监测规范》GBZ 128-2019相关要求：放射工作单位应当安排本单位放射工作人员接受个人剂量监测，监测周期一般为1个月，最长不应超过3个月；放射工作人员进入放射工作场所应当正确佩戴个人剂量计；放射工作单位应当为放射工作人员建立并终生保存个人剂量监测档案，个人剂量监测档案应当包括常规监测的方法和结果等相关资料，应急或者事故中受到照射的剂量和调查报告等相关资料。

当工作人员职业外照射个人监测结果异常或超过调查水平时，医院应立即对其受照射情况进行复查，并将复查结果报送委托监测机构。如果经过调查，确认在监测周期内发生个人剂量超标，则立即上报其主管部门，进行调查处理。如发生剂量计丢失或损坏时，或超过有效期时，或高剂量核实结果确认不是本人真实受照剂量时，则由委托监测机构出具名义剂量。

辐射工作期间，医院要求辐射工作人员佩戴个人剂量计，所有辐射工作人员接受剂量监测，个人剂量计每三个月送检一次，并建立了个人剂量管理档案；医院已安排辐射工作人员进行职业健康检查，并建立职业健康档案。

建设单位委托山西新高科辐射技术有限公司对全院22名辐射工作人员（25名中有3名已调离辐射工作岗位）开展个人剂量监测工作。根据建设单位提供的院内辐射工作人员的个人剂量监测结果可知（具体如下表1-10监测结果所示），辐射工作人员的个人剂量均未出现异常，年有效剂量均低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对工作人员要求的剂量限值20mSv和管理剂量约束值5mSv的要求。

表 1-10 建设单位辐射工作人员 2022 年度个人剂量监测情况一览表

序号	姓名	监测结果（mSv）				年累积剂量
		2022.1.1- 2022.3.31	2022.4.1- 2022.6.30	2022.7.1- 2022.9.30	2022.10.1- 2022.12.31	
1	张林军	0.08	0.01	0.01	0.01	0.11
2	赵学敏	0.01	0.01	0.01	0.06	0.09
3	刘海东	0.94	0.02	0.01	0.05	1.02
4	霍焯锋	0.01	0.01	0.02	0.04	0.08

5	关燕娜	0.08	0.01	0.01	0.01	0.11
6	张宗鸣	0.07	0.01	0.03	0.01	0.12
7	白亚飞	0.03	0.01	0.13	0.03	0.20
8	陈军伟	0.07	0.01	0.03	0.01	0.12
9	郝明星	0.05	0.01	0.10	0.04	0.19
10	白万东	0.09	0.06	0.05	0.04	0.24
11	李江江	0.01	0.25	0.51	0.14	0.91
12	韦文军	0.01	0.18	0.01	0.01	0.21
13	高清	0.01	0.01	0.03	0.01	0.06
14	贾美霞	0.01	0.03	0.04	0.01	0.09
15	王海瑞	0.05	0.13	0.01	0.01	0.20
16	刘磊	0.01	0.11	0.01	0.01	0.14
17	苗仙仙	0.05	0.01	0.01	0.04	0.11
18	呼新龙	0.02	0.15	0.05	0.01	0.23
19	殷波	0.01	0.01	0.04	/调岗位	/
20	王崇禹	0.01	0.01	0.01	0.01	0.04
21	连诚	0.01	0.02	0.06	/调岗位	/
22	倪静	0.01	0.01	0.01	/调岗位	/
23	陈伟	/未入职	0.01	0.01	0.04	/
24	刘宝奇	/未入职	0.01	0.01	0.01	/
25	敖启东	/未入职	0.01	0.01	0.01	/

注：陈伟、刘宝奇、敖启东因只提供 2022 年 3 季度的个人剂量监测报告，监测结果无异常，但不做年剂量估算。殷波、连诚、倪静在 2022.10.1 后调离辐射工作岗位，只有前 3 季度个人剂量监测报告，经查阅监测结果均无异常，也未估算年累计剂量。

辐射工作人员刘海东 2022.1.1-2022.3.31 季度的个人剂量监测数据较全年其他 3 季度水平属于异常情况，建设单位未对其进行剂量异常情况调查，表明建设单位在该季度个人剂量管理中存在缺失和工作疏漏。

本环评建议，医院在后期开展放射诊疗工作中，须加强个人安全意识，定期组织防护知识培训，要求个人剂量计做到上班时间规范佩戴，定期将个人剂量计送委托机构检测，做好个人剂量档案管理工作。



#### ④职业健康检查

依据《放射工作人员职业健康管理办法》第四章相关要求：放射工作人员上岗前，应当进行上岗前的职业健康检查，符合放射工作人员职业健康标准的，方可参加相应的放射工作；上岗后应定期进行职业健康检查，两次检查时间间隔不应超过2年，必要时可增加临时性检查；离岗时应当进行离岗前的职业健康检查；放射工作单位应当为放射工作人员建立并终生保存职业健康监护档案，职业健康监护档案应包括职业史、既往病史和执业照射接触史，历次职业健康检查结果及评价处理意见，职业性放射疾病诊疗、医学随访观察等健康资料。

建设单位已提供12名辐射工作人员的职业健康检查报告，检查日期为2021年4月，根据职业健康检查报告显示，未检出疑似放射性疾病，可继续原放射工作。建设单位尚未提供院内其余10名辐射工作人员的职业健康检查报告，与建设单位沟通，计划于2023年5月-9月期间对全院辐射工作人员均进行职业健康检查，现已纳入计划中。

**表 1-11 建设单位辐射工作人员 2022 年度职业健康检查结果情况**

序号	姓名	职业健康检查时间	检查单位	检查结论
1	赵学敏	2021年4月7日	陕西健康医疗集团有限公司 四〇五医院	可继续原放射工作
2	刘海东	2021年4月13日	陕西健康医疗集团有限公司 四〇五医院	可继续原放射工作
3	张林军	2021年4月13日	陕西健康医疗集团有限公司 四〇五医院	可继续原放射工作
4	霍焯锋	2021年4月13日	陕西健康医疗集团有限公司 四〇五医院	可继续原放射工作
5	李江江	2021年4月15日	陕西健康医疗集团有限公司 四〇五医院	可继续原放射工作
6	关燕娜	2021年4月15日	陕西健康医疗集团有限公司 四〇五医院	可继续原放射工作
7	陈军伟	2021年4月6日	陕西健康医疗集团有限公司 四〇五医院	可继续原放射工作
8	白亚飞	2021年4月15日	陕西健康医疗集团有限公司 四〇五医院	可继续原放射工作
9	白万东	2021年4月28日	陕西健康医疗集团有限公司	可继续原放射工作

			四〇五医院	
10	郝明星	2021年4月7日	陕西健康医疗集团有限公司 四〇五医院	可继续原放射工作
11	张宗鸣	2021年4月21日	陕西健康医疗集团有限公司 四〇五医院	可继续原放射工作
12	苗仙仙	2021年4月15日	陕西健康医疗集团有限公司 四〇五医院	可继续原放射工作

**本环评要求：建设单位应按照相关法律法规的要求，及时对辐射工作人员进行职业健康体检，并建立职业健康监护档案存档；一旦发现有辐射工作人员已不适合继续从事辐射工作，应该立即停止其辐射工作，并调离辐射工作岗位，进一步采取医疗救治措施并随访。**

⑤建设单位辐射工作场所均设置有电离辐射警示牌、工作指示灯等。根据不同项目实际情况划分辐射防护控制区和监督区，采取分区管理，进行积极、有效的管控。

#### ⑥辐射应急演练和年度评估

建设单位已制定有《辐射事故应急处理预案》，建设单位每年均定期开展辐射事故应急演练，并对演练结果进行总结，及时对辐射事故应急预案进行完善和修订。经医院核实，自辐射活动开展以来，未发生过辐射事故。

⑦建设单位按要求每年编制《辐射安全和防护状况年度评估报告》，对现有射线装置辐射工作场所防护状况、人员培训及个人剂量和射线装置台账、辐射安全与防护制度执行情况等进行年度总结和评估，并于每年1月31日前提交上一年度的年度评估报告至发证机关。

### 1.10 现有核技术利用存在的问题

根据以上现状调查，医院在管理方面存在以下问题：

- (1) 医院制定的相关制度不完善；
- (2) 辐射工作人员个人剂量监测数据异常，但未进行剂量异常情况调查；
- (3) 医院尚未配备辐射环境自主监测设备。

针对现存问题，对医院提出如下改进措施：

(1) 医院应按照《陕西省环境保护厅办公室关于印发新修订的<陕西省核技术利用陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表>的通知》（陕环办发〔2018〕29号）

相关要求，完善射线装置管理制度，建立台账；完善各类岗位职责、操作规程。还需制定的规章制度有：《全国核技术利用辐射安全申报系统运行管理制度》《环境监测设备使用与检定管理制度》《放射工作人员职业健康管理制度》等。本环评建议建设单位修订辐射安全与防护管理制度，将卫生和环保制度分别列为两项制度，医院在今后日常工作中应严格落实各项辐射安全管理制度，并根据实际工作对其进行不断完善，使之更满足辐射安全管理要求。医院应进一步完善辐射事故应急预案，并加强应急演练；

(2) 建设单位应及时组织从事 II 类射线装置（本项目 DSA 设备）的辐射工作人员应在生态环境部培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn/>）上报名、培训并进行考核，经考核合格后方可上岗，并定期复训；

(3) 本环评建议，医院在后期开展放射诊疗工作中，须加强个人安全意识，定期组织防护知识培训，要求个人剂量计做到上班时间规范佩戴，定期将个人剂量计送委托机构检测，做好个人剂量档案管理工作；

(4) DSA 为 II 类射线装置，医院应配备 1 台 X- $\gamma$  空气比释动能率仪，每年将 X- $\gamma$  空气比释动能率仪送至计量站进行检定或校准，并将检定或校准证书存档。

**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	储存方式与地点	备注
	本次环评 不涉及							

注：放射源包括放射性中子源，对其要说明是何种核素以及产生的中子流强度 (n/s)。

**表 3 非密封放射性物质**

序号	核素名称	理化性 质	活动种 类	实际日最大 操作量(Bq)	日等效最大操 作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场 所	储存方式 与地点
	本次环评 不涉及									

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)。

### 表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	DSA	II	1	待定	125	1000	影像诊断和介入治疗	创伤急救大楼三层 DSA 导管室	新增
	以下空白								

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大靶电流 (μA)	中子强度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			储存方式与地点
										活度 (Bq)	储存方式	数量	
	本次环评不涉及												

**表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）**

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
O <sub>3</sub>	气体	/	/	极少量	极少量	极低浓度	/	经大气扩散稀释，其影响可不考虑。
NO <sub>x</sub>	气体	/	/	极少量	极少量	极低浓度	/	经大气扩散稀释，其影响可不考虑。
药棉、纱布、手套等医疗废物（无放射性普通废物）	固体	/	/	约 10kg（500 台手术/年计）	约 120kg（500 台手术/年计）	极低浓度	/	采用专门的收集容积集中回收后，转移至医疗废物暂存库，按照医疗废物执行转移联单制度，由当地医疗废物处理机构定期统一处理。

注：1、常见废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/m<sup>3</sup>，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标明其排放浓度、年排放总量，单位分别为 Bq/L（kg、m<sup>3</sup>）和活度（Bq）。

## 表 6 评价依据

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（中华人民共和国主席令第 9 号，2015 年 1 月 1 日起施行）；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（中华人民共和国主席令第 24 号 2018 年修订，2018 年 12 月 29 日起施行）；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（中华人民共和国主席令第 6 号，2003 年 10 月 1 日起施行）；</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 日起施行）；</p> <p>(5) 《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，2021 年 1 月 1 日起施行）；</p> <p>(6) 《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 1 日起施行，2014 年 7 月 29 日第一次修订，2019 年 3 月 2 日第二次修订）；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2006 年 1 月 18 日，国家环境保护总局令第 31 号公布，2008 年 12 月 6 日经环境保护部令第 3 号修改，2017 年 12 月 20 日经环境保护部令第 47 号修改，2019 年 8 月 22 日经生态环境部令第 7 号修改，根据 2021 年 1 月 4 日生态环境部部务会议审议通过《关于废止、修改部分生态环境规章和规范性文件的决定》修正）；</p> <p>(8) 《突发环境事件应急管理办法》（环境保护部令第 34 号，2015 年 6 月 5 日起施行）；</p> <p>(9) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行）；</p> <p>(10) 《放射工作人员职业健康管理暂行办法》（卫生部令 第 55 号，自 2007 年 11 月 1 日起施行）；</p> <p>(11) 生态环境部《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部令第 9 号，2019 年 9 月；</p>
------	---

<p style="text-align: center;">法 规 文 件</p>	<p>(12) 陕西省环境保护厅关于印发新修订《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》(陕环办发〔2018〕29号, 2018年6月6日起执行);</p> <p>(13) 《陕西省放射性污染防治条例(2019年修正)》, 陕西省人大, 2019年7月31日起施行;</p> <p>(14) 《陕西省放射性污染防治条例》(2019年修订, 2014年10月1日起施行);</p> <p>(15) 《关于印发&lt;陕西省生态环境厅辐射事故应急预案&gt;(修订)的通知》(陕西省生态环境厅, 陕环办发〔2023〕3号, 2023年1月10日)。</p>
<p style="text-align: center;">技 术 标 准</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) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021);</p> <p>(4) 《环境<math>\gamma</math>辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021);</p> <p>(5) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002);</p> <p>(6) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2019);</p> <p>(7) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020);</p> <p>(8) 《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》(GBZT 244-2017);</p> <p>(9) 《电离辐射所致眼晶状体剂量估算方法》(GBZ/T 301-2017);</p> <p>(10) 《工作场所有害因素职业接触限值第1部分: 化学有害因素》(GBZ 2.1-2019)</p>
<p style="text-align: center;">其 他</p>	<p>(1) 神木市大柳塔试验区人民医院环境影响评价委托书;</p> <p>(2) 建设单位提供的与本项目有关的各种资料和项目设计图纸;</p> <p>(3) 《辐射安全许可证》, 证书编号: 陕环辐证〔60055〕;</p> <p>(4) 《关于发布〈射线装置分类〉的公告》(环境保护部国家卫生和计划生育委员会公告2017年第66号, 2017年12月5日起施行);</p> <p>(5) 《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》(国家环保总局, 环发〔2006〕145号);</p>



- |  |
|--|
| <p>(6) 《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》（中华人民共和国环境保护部，环办辐射函〔2016〕430号）；</p> <p>(7) 《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》（2019年12月23日生态环境部发布，自2020年1月1日起实施）；</p> <p>(8) 《关于做好辐射安全防护培训与考核工作的通知》（陕西省生态环境厅，陕环辐射函〔2020〕29号，2020年4月26日）；</p> <p>(9) 《陕西省环境天然贯穿辐射水平调查研究》（1994年7月）；</p> <p>(10) 《放射防护实用手册》，赵兰才、张丹枫主编，济南出版社2009.7；</p> <p>(11) 《辐射防护导论》（主编：方杰）；</p> <p>(12) 《辐射防护手册》（主编：李德平、潘自强）；</p> <p>(13) 《环保部辐射安全与防护监督检查技术程序》（第三版）。</p> <p>(9) 医院提供的其他相关资料，辐射安全管理制度，辐射工作人员信息等。</p> |
|--|

## 表 7 保护目标与评价标准

### 7.1 评价内容及目的

1、对项目拟建地址进行辐射环境质量本底现状监测，以掌握场所及周围的辐射环境质量本底现状水平，并对运行后的环境影响进行预测评价；

2、对不利影响提出防治措施，把辐射影响减少到“可合理达到的尽可能低水平”；

3、满足国家和地方环境保护部门对建设项目环境管理规定的要求，为项目的辐射环境管理提供科学依据。

### 7.2 评价原则

此次评价遵循《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的辐射防护要求：

1、实践的正当性；

2、剂量限制和潜在照射危险限制；

3、防护与安全的最优化。

### 7.3 评价重点与评价范围

**辐射环境：**本项目为使用II类射线装置，且项目场所有实体边界，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》

（HJ10.1-2016）规定的“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（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围）”的要求，结合项目特点，确定本项目辐射环境评价范围为该项目核技术应用辐射工作场所实体屏蔽墙体外周围 50m 的区域，具体范围内的环境情况详见图 1-4；项目 DSA 导管室平面布置图详见图 1-6、图 1-7。

## 7.4 保护目标

经现场调查，结合本项目的的评价范围，确定本项目的环境保护目标是从事该项目辐射工作的医务人员及辐射工作场所周围50m范围内活动的非本项目工作人员和公众人员。本项目辐射环境保护目标信息详见表7-1。

表7-1 本项目环境保护目标信息

区域	环境保护目标	人数	方位	保护人员类别	距离机房 边界最近 距离 (m)	剂量约束值 (mSv/a)
					水平	
室内	DSA导管室内工作人员	约6人	/	辐射工作人员	紧邻	5
	控制室内工作人员	约1~2人	东侧	辐射工作人员	紧邻	5
	库房内辐射工作人员或其他 医务人员	流动人员 (约1~2人)	东侧	辐射工作人员	紧邻	5
	设备间、污物分类间内公众	流动人员 (约1~2人)	西侧	公众	紧邻	0.1
	清洁走廊内公众或其他医务 人员	流动人员 (约2~6人)	南侧	公众	紧邻	0.1
	洁净走廊内公众	流动人员 (约10人)	北侧	公众	紧邻	0.1
	值班室内公众	流动人员 (约2人)	上层	公众	0	0.1
	CCU病房和监护大厅内公众	约6~15人	下层	公众	0	0.1
室外	创伤急救大楼东南侧综合楼 前广场	流动人员 >50人	东南侧	公众	22	0.1
	创伤急救大楼南侧门诊楼	流动人员 >50人	南侧	公众	50	0.1
	创伤急救大楼西南侧住院部 与创伤急救大楼连廊	流动人员 >50人	西南侧	公众	27	0.1
	创伤急救大楼西北侧院内停 车场	流动人员 >50人	西北侧	公众	21	0.1

## 7.5 评价标准

### 7.5.1 环境质量标准

- (1) 环境空气质量执行国家《环境空气质量标准》(GB3095-2012)中二级标准;
- (2) 地表水环境质量执行国家《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)中III类标准;
- (3) 声环境质量执行国家《声环境质量标准》(GB3096-2008)中2类标准。

### 7.5.2 污染物排放标准

(1) 废气: 施工期执行《陕西省施工场地扬尘排放标准》(DB61/1078-2017)的要求; 臭氧排放执行《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分: 化学有害因素》(GBZ2.1-2019)中臭氧最高允许浓度 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ ; 氮氧化物执行《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)中的二级标准。

(2) 废水: 执行《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005)表2预处理排放标准要求。

(3) 噪声: 施工期执行《建筑施工场界环境噪声排放限值》(GB12523-2011)各阶段标准限值; 运营期执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)中的2类标准。

(4) 固体废物: 执行《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》(GB18599-2020); 如有危险废物产生, 执行《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2001)及其修改单相关标准。

## 7.6 评价标准

### 7.6.1 剂量限值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)附录B:

#### B1.1 职业照射

##### B1.1.1 剂量限值

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

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

b) 任何一年中的有效剂量, 50mSv;

- c) 眼晶体的年当量剂量, 150mSv;
- d) 四肢(手和足)或皮肤的年当量剂量, 500mSv。

#### B1.1.2 特殊情况

在特殊情况下, 可依据第 6 章 6.2.2 所规定的要求对剂量限值进行如下临时变更:

a) 依照审管部门的规定, 可将 B1.1.1.1 中 a) 项指出的剂量平均期破例延长到 10 个连续年; 并且在此期间内, 任何工作人员所接受的年平均有效剂量不应超过 20mSv, 任何单一年份不应超过 50mSv, 此外, 当任何一个工作人员自此延长平均期开始以来所接受的剂量累计达到 100mSv 时, 应对这种情况进行审查;

b) 剂量限制的临时变更应遵循审管部门的规定, 但任何一年内不得超过 50mSv, 临时变更的期限不得超过 5 年。

#### B1.2 公众照射

##### B1.2.1 剂量限值

实践使公众中有关关键人群组成的成员所受到的平均剂量估算值不应超过下述限值:

- a) 年有效剂量, 1mSv;
- b) 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;
- c) 眼晶体的年当量剂量, 15mSv;
- d) 皮肤的年当量剂量, 50mSv。

以上内容归纳为表 7-2 中所列相应剂量限值。

表 7-2 剂量限值

剂量		职业人员剂量限值	公众剂量限值
年有效剂量		连续 5 年平均有效剂量不超过 20mSv (但不可作任何追溯性平均), 任何一年中的有效剂量不超过 50mSv。	年有效剂量不超过 1 mSv; 特殊情况下, 如果连续 5 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。
年当量剂量	眼晶体	150mSv	15mSv
	皮肤/四肢 (手和足)	500mSv	50mSv

说明:对于年龄为 16 岁~18 岁接受涉及辐射照射就业培训的徒工和年龄为 16 岁~18 岁在学习过程中需要使用放射源(或射线装置)的学生,应控制其职业照射使之不超过下述限值:

- a) 年有效剂量, 6mSv;
- b) 眼晶体的年当量剂量, 50mSv;
- c) 四肢(手和足)或皮肤的年当量剂量, 150mSv。

在环境评价中,出于“防护与安全的最优化”原则,对于某一项目的剂量控制,可以取剂量限值的几分之一进行管理。本项目辐射工作人员和公众年有效剂量约束值取值见表 7-3。

表 7-3 本项目辐射环境影响评价标准

人员	项目	年管理目标值
本项目辐射工作人员	年有效剂量	≤5mSv
公众关键人群组成员	年有效剂量	≤0.1mSv

**7.6.2 《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 相关内容:**

本标准适用于 X 射线影像诊断和介入放射学。

5X 射线设备防护性能的技术要求:

5.1.1X 射线设备出线口上应安装限束系统(如限束器、光阑等)。

5.1.2X 射线管组件上应有清晰的焦点位置标志。

5.1.3X 射线管组件上应标明固有滤过,所有附加滤过片均应标明其材料和厚度。

5.2 透视用 X 射线设备防护性能的专用要求

(1) C 形臂 X 射线设备的最小焦皮距应不小于 20 cm,其余透视用 X 射线设备的最小焦皮距应不小于 30cm。

(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。

(3) 用于介入放射学、近台同室操作(非普通荧光屏透视)的 X 射线透视设备防护性能专用要求见 5.8。

5.8 介入放射学、近台同室操作(非普通荧光屏透视)用 X 射线设备防护性能的专用要求。

5.8.1 介入放射学、近台同室操作(非普通荧光屏透视)用 X 射线设备应满足其相应设备类型的防护性能专用要求。

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。

5.8.3 X 射线设备应配备能阻止使用焦皮距小于 20 cm 的装置。

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。

6X 射线设备机房防护设施的技术要求:

6.1 X 射线设备机房布局

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

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

6.1.3 每台固定使用的 X 射线设备应设有单独的机房,机房应满足使用设备的布局要求;每台牙椅.....。

6.1.4 移动式 X 射线机.....。

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 7-4 的规定。

**表7-4 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 (m <sup>2</sup> )	机房内最小单边长 (m)
单管头X射线设备 (含C形臂、乳腺CBCT)	20	3.5

注:单管头、双管头多管头X射线机每个管球各安装在1个房间内。

6.2 X 射线设备机房屏蔽

6.2.1 不同类型 X 射线设备(不含床旁摄影设备和便携式 X 射线设备)机房的屏蔽防护应不小于表 7-5 规定。

**表 7-5 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	铅当量 (mmPb)
C形臂X射线设备房	≥2.0

**7.6.3 X 射线设备机房辐射防护要求**

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020），机房辐射防护限值要求统计汇总见表 7.6-5。

（1）根据标准《放射诊断放射防护要求》GBZ 130-2020 第 6.3 条规定：DSA 机房外（DSA 透视模式运行）的周围剂量当量率应不大于 2.5 $\mu$ Sv/h。

（2）根据标准《放射诊断放射防护要求》GBZ 130-2020 中第 6.3 条规定：具有短时、高剂量率曝光的摄影程序（如 DSA 的摄影模式）机房外的周围剂量当量率应不大于 25 $\mu$ Sv/h，当超过时应进行机房外人员的年有效剂量评估，应不大于 0.25mSv。

**表 7-6 X 射线设备机房辐射安全防护限值统计汇总表**

工作场所	机房规格要求	屏蔽厚度要求	周围剂量当量率限值
DSA 导管室	最小单边长度 $\geq$ 3.5m； 最小有效使用面积 $\geq$ 20m <sup>2</sup>	$\geq$ 2mmPb	透视工况： $\leq$ 2.5 $\mu$ Sv/h； 摄影工况： $\leq$ 25 $\mu$ Sv/h

#### 7.6.4X 射线设备工作场所防护

GBZ130-2020 中要求：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。

6.4.2 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。

6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。

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。

6.4.5 平开机房门应有自动闭门装置；推拉式机房门应设有曝光时关闭机房门的管理措施；工作状态指示灯能与机房门有效关联。

6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。

#### 6.5 X 射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求

6.5.1 每台 X 射线设备根据工作内容，现场应配备不少于表 7-7 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。

6.5.3 除介入防护手套外，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.25 mmPb；介入防护手套铅当量应不小于 0.025 mmPb；甲状腺、性腺防护用品铅当量应



不小于 0.5 mmPb；移动铅防护屏风铅当量应不小于 2 mmPb。

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 0.5 mmPb。

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

**表 7-7 个人防护用品和辅助防护设施配置要求**

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

注：“—”表示不需要。

### 7.6.5 工作场所空气中臭氧和氮氧化物的职业接触限值

根据《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》(GBZ 2.1-2019) 的相关要求：工作场所空气中臭氧最高容许浓度 $\leq 0.3\text{mg}/\text{m}^3$ ；氮氧化物（一氧化氮、二氧化氮）时间加权平均容许浓度 $\leq 5\text{mg}/\text{m}^3$ ，短时间接触容许浓度 $\leq 10\text{mg}/\text{m}^3$ 。

## 表 8 环境质量和辐射现状

### 8.1 项目地理位置和场所描述

大柳塔镇，隶属于陕西省榆林市神木市。地处神木市北部，东与府谷县相望，南与孙家岔镇相接，西与中鸡镇相连，北与内蒙古自治区相邻。辖区总面积508平方千米，总人口24万人。

神木市大柳塔试验区人民医院位于陕西省榆林市神木市大柳塔实验区神东小区滨河路1号，东经110°30'76.48"，北纬39°34'70.73"。建设单位的地理位置详见图1-4。医院北侧紧第五小学，火车站，东侧邻教堂，南侧紧邻大柳塔小区住宅。DSA导管室位于医院的西北侧，机房的四周环境为：北侧为洁净走廊，东侧为操作间、库房，南侧为污物通道，左侧为设备间、污物分类间。上层为值班室、下层为CCU病房和监护大厅。DSA导管室周边现状环境的现场照片见图8-1。



住院楼外观照片



创伤急救中心西侧道路照片



医院西南侧发热门诊外观照片



创伤急救中心南侧道路照片



DSA 导管室北侧患者防护门照片



DSA 导管室内顶部装修现场照片



DSA 导管室控制室的施工现场照片



DSA 导管室南侧污物通道防护门现场照片

## 8.2 环境质量和辐射现状

为掌握项目周围辐射环境现状，2023年3月26日，评价单位委托浙江多谱检测科技有限公司对该项目选址及周围环境进行了环境 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率监测，监测报告见附件4。

### 8.2.1 监测因子

本项目环境现状监测因子为环境 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率。

### 8.2.2 监测内容

对项目场所及周围辐射水平进行现状调查。

### 8.2.3 监测时间及环境条件

环境条件：温度 5℃，相对湿度 28%，晴。

监测时间：2023年3月26日

监测是属于中午时分，医院各科室已处于午休，院内射线装置均未运营。

监测地点地理经维度：东经 110°30'76.48"，北纬 39°34'70.73"

海拔高度：1325m

### 8.2.4 监测仪器

表 8-1 辐射环境测量仪器主要技术参数一览表

仪器名称	便携式 X、 $\gamma$ 辐射周围剂量当量率仪
仪器型号	JB4000A
生产厂家	上海精博工贸有限公司
仪器编号	11090
测量范围	0.01 $\mu$ Sv/h~200 $\mu$ Sv/h
校准单位	上海市计量测试技术研究院
校准证书	2022H21-20-3985273001 号
校准有效期	2022年07月08日~2023年07月07日

### 8.2.5 质量控制

(1) 检测实行全过程的质量控制，严格《质量手册》《程序文件》及仪器作业指导书的有关规定执行；

(2) 检测仪器符合《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）《环境辐射剂量率

测量技术规范》（HJ1157-2021）中的相关规定，并经过上海市计量测试技术研究院检定，每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常；

（3）现场检测人员、检测报告编制人、检测报告审核人、检测报告授权签字人均持证上岗；

（4）合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性和代表性。

### 8.2.6 监测布点

依据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）和《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）中的方法布设监测点，结合本评价项目的评价范围确定本次环境现状监测布点，监测布点图见图 8-2（1）~8-2（3）所示。

监测点位合理性分析：本项目监测在评价范围内共布设了 18 个监测点，包含了 DSA 导管室内、检查室四侧墙体外、检查室正上方和正下方以及评价范围内其他建筑物等人员可到达的区域的点位。所布点位能反映本项目评价范围内室内、室外场所的辐射环境现状水平。因此，监测点位布设是合理的。

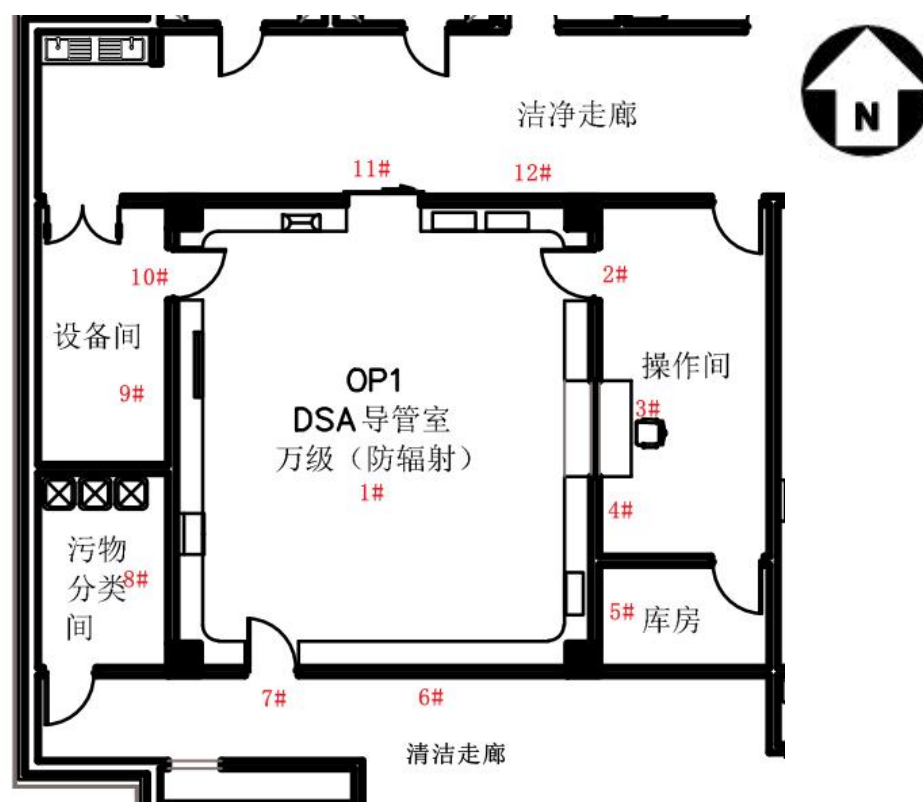


图 8-2（1） 现场监测布点示意图

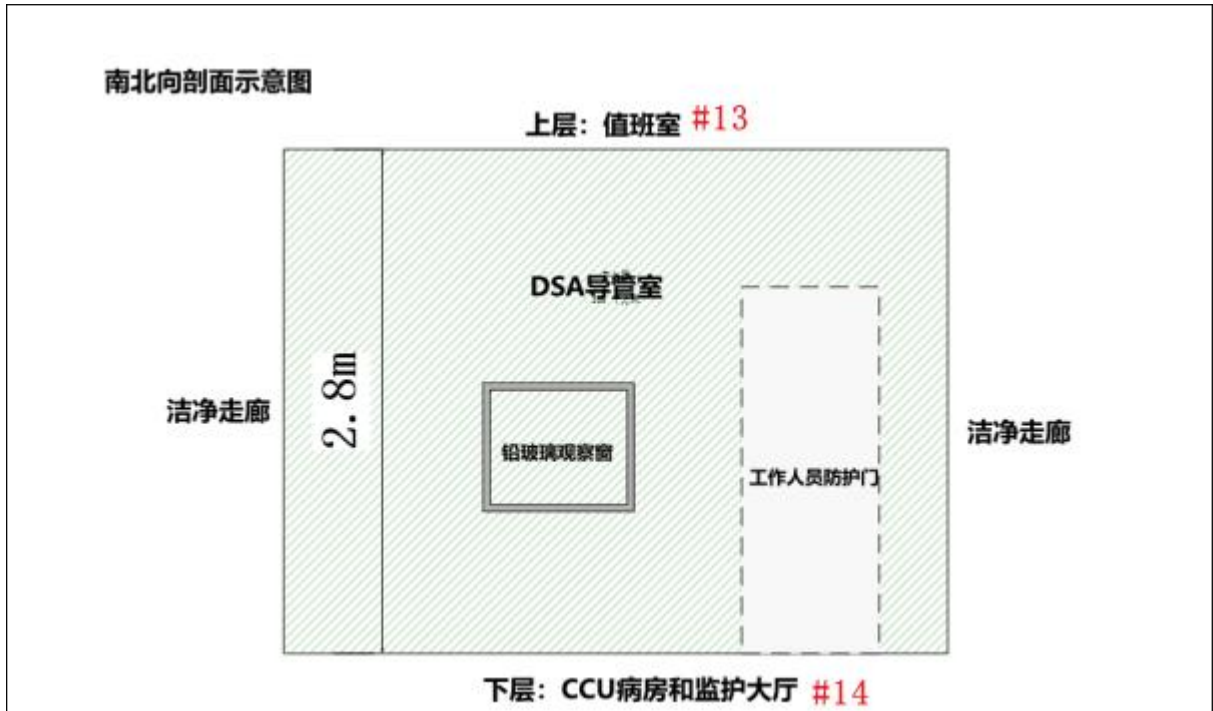


图 8-2 (2) 现场监测布点示意图

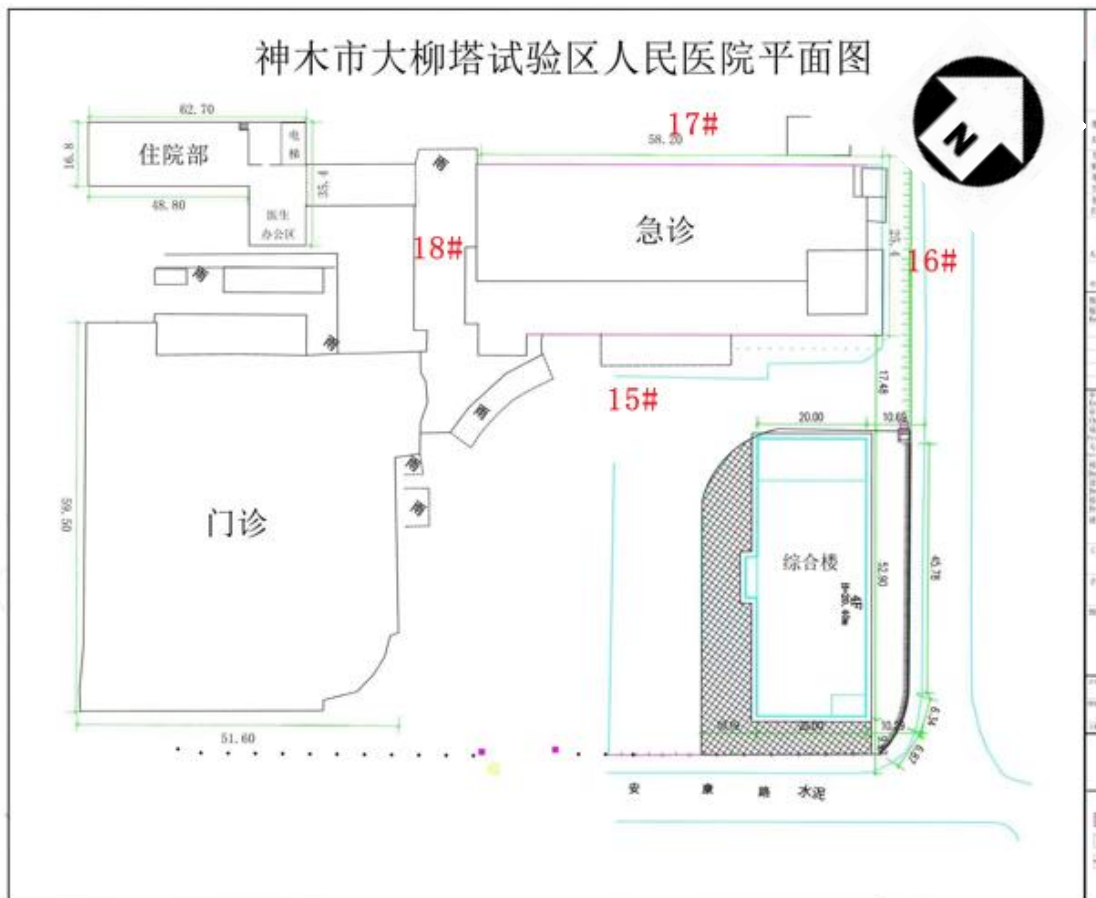


图 8-2 (3) 现场监测布点示意图

### 8.2.7 监测结果与评价

表 8-2 环境γ辐射空气吸收剂量率监测结果 (nGy/h)

检测点编号	检测点位置	γ辐射空气吸收剂量率 (nGy/h)
1#	拟建 DSA 导管室内	126
2#	拟建 DSA 控制室防护门处	122
3#	拟建 DSA 导管室控制室操作人员操作处	123
4#	拟建 DSA 导管室东侧控制室内	119
5#	拟建 DSA 导管室东侧库房内	115
6#	拟建 DSA 导管室南侧清洁走廊处	112
7#	拟建 DSA 导管室清洁走廊防护门处	119
8#	拟建 DSA 导管室西侧污物分类间	122
9#	拟建 DSA 导管室西侧设备间	131
10#	拟建 DSA 导管室西侧设备间防护门处	123
11#	拟建 DSA 导管室北侧洁净走廊防护门处	121
12#	拟建 DSA 导管室北侧洁净走廊	111
13#	拟建 DSA 导管室上层值班室	121
14#	拟建 DSA 导管室下层 CCU 病房和监护 大厅	124
15#	创伤急救大楼南侧停车场空地	112
16#	创伤急救大楼东侧过道	129
17#	创伤急救大楼北侧过道	102
18#	创伤急救大楼西侧连廊	121

注：1、以上数据已扣除宇宙射线响应值，在测量环境γ辐射空气吸收剂量率时，检测结果应按下式进行扣除： $\dot{D}_\gamma = k_1 \times k_2 \times R_\gamma - k_3 \times \dot{D}_c$

式中： $\dot{D}_\gamma$ —测点处环境γ辐射空气吸收剂量率值，Gy/h（1Gy/h=1×10<sup>9</sup>nGy/h）

k1——仪器检定/校准因子，由法定计量部门检定或校准时给出，此处为 1.08；

k2——仪器检验源效率因子。k2=Ao/A，其中 Ao、A 分别是检定/校准时和测量当天仪器对同一检验源的净响应值，如仪器无检验源，则该值取 1，此处取 1；

R<sub>γ</sub>——现场监测时仪器 n 次读数的平均值，n≥10；（空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照 JJG393，使用 <sup>137</sup>Cs 作为检定/校准参考辐射源时，换算系数取 1.20Sv/Gy，本次监测设备取 1.20Sv/Gy；

$k_3$ ——建筑物对宇宙射线带电粒子和光子的屏蔽因子，楼房取值为 0.8，平房取值为 0.9，原野、道路取值为 1；

$\dot{D}_c$ —测量点处仪器对宇宙射线的响应值；本项目使用的设备宇宙射线响应值测量地点为 2022 年 7 月 7 日在红碱淖湖心水面上(经度：109.884313°，纬度：39.091446°，海拔：1223.4m)检测的宇宙射线响应值为 13.4nGy/h。

2、标准数据测量点测量 10 个读数，取均值，测量值经校准修正。

### 8.3 环境质量现状监测结果分析

由上述监测结果可知，本项目 DSA 导管室及周边室内 X- $\gamma$  辐射剂量率范围为 102nGy/h~131nGy/h，根据《陕西省环境天然贯穿辐射水平调查研究》（辐射防护，1994 年 7 月），陕西省内原野 $\gamma$ 辐射剂量率为 25.0~150.0nGy/h，道路 $\gamma$ 辐射剂量率为 20.0~160.0nGy/h，建筑物室内 $\gamma$ 辐射剂量率为 56.0~169.0nGy/h，因此项目所在地的天然贯穿辐射水平属于当地正常天然本底辐射水平。



## 表 9 工程分析与源项

### 9.1 工程设备和工艺分析

#### 9.1.1 DSA 介入诊疗

##### (1) 工作原理及用途

DSA 装置主要是利用影像增强器将透过已衰减的未造影图像的 X 线信号增强，再用高分辨率的摄像机对增强后的图像作一系列扫描，所得到的各种不同的信息经模拟/数字转换器转换成不同值的数字储存于记忆盘中，称作蒙片。然后将注入造影剂后的造影区的透视影像也转换成数字，并减去蒙片的数字，将剩余的数字经数/模转换成各种不同的灰度级，在显示器上构成图像，即成为除去了注射造影剂前透视图像上所见的骨骼和软组织影像，剩下的只是清晰的含有造影剂的纯血管影像。通俗来讲，DSA 是通过电子计算机进行辅助成像的血管造影方法，它是应用计算机程序进行两次成像完成的。在注入造影剂之前，首先进行第一次成像，并用计算机将图像转换成数字信号储存起来。注入造影剂后，再次成像并转换成数字信号。两次数字相减，消除相同的信号，得到只有造影剂的血管图像。这种图像对比度分辨率高，减去了血管以外的背景，尤其使与骨骼重叠的血管能清楚直观显示，在进行介入手术时更为安全。

DSA 主要应用于心脏和大血管检查，对全身各部位血管畸形、血管瘤、血管狭窄、闭塞或发育异常以及肿瘤的血供和染色情况的诊断有独特的作用，被广泛应用于介入放射领域。

##### (2) 技术参数情况说明

表 9-1 本项目 DSA 设备参数与工况及防护情况

设备		DSA		
技术参数		最大管电压 125kV/最大管电流 1000mA		
过滤材料		2.7mmAl		
最大照射野		38cm×38cm=1444cm <sup>2</sup>		
工况模式	摄影	常用工况下 最大常用电压 100kV 最大常用电流 500mA	发射率常数	0.09mGy/mA·s
	透视	常用工况下 最大常用电压 90kV		0.075mGy/mA·s

	最大常用电流 15mA
泄漏辐射源强	离靶点 1m 处的泄漏辐射在空气中的比释动能率不超过 1mGy/h

注:

- 1.医院已购置该 DSA 设备, 根据厂家提供该设备的说明书, X 射线球管的总滤过为 2.7mmAl;
- 2.参考李德平、潘自强主编的《辐射防护手册》第三分册—《辐射安全》([M]北京: 原子能出版社, 1987) P58, 图 3.1。查询可知, 当 2.7mmAl 作为过滤材料时, 管电压 100kV 情况下, 发射率常数为 0.09 mGy/mA·s, DSA 离靶 1m 处空气中的空气比释动 0.09mGy/mAs, 从而计算得摄影工况时距靶 1m 处空气比释动能为  $1.62 \times 10^8 \mu\text{Gy/h}$ 。管电压 90kV 情况下, DSA 离靶 1m 处空气中的空气比释动能为 0.075mGy/mAs, 从而计算得透视工况时距靶 1m 处空气比释动能为  $4.05 \times 10^6 \mu\text{Gy/h}$ ;

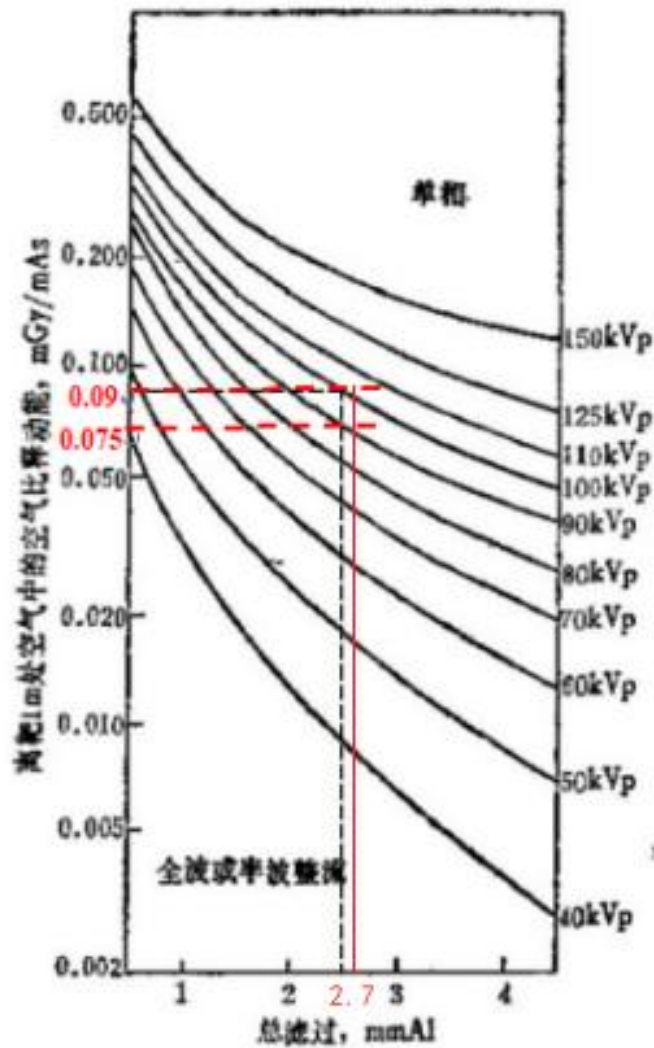


图 9-1 距 X 线源 1m 处的照射量率随管电压及总过滤厚度变化的情况

- 3.参考国际放射防护委员会第 33 号出版物《医用外照射源的辐射防护》“(77) 用于诊断目的的每一个 X 射线管必须封闭在管套内, 以使得位于该套管内的 X 射线管在制造厂规定的每个额定值时, 离焦点 1m 处所测得的泄漏辐射在空气中的比释动能不超过 1 mGy/h”。

### (3) 设备组成

DSA 主要由机架、导管床、高压发生器、X 线球管、影像增强器、电视摄像系统、影像数字处理系统、图像显示和外部数据存储等部分组成。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，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焦成束，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 射线球管的两极之间，供电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度，高速电子到达靶面为靶所突然阻挡从而产生 X 射线。常见 DSA 的设备外观图见图 9-2、DSA 装置工作原理流程见图 9-3。

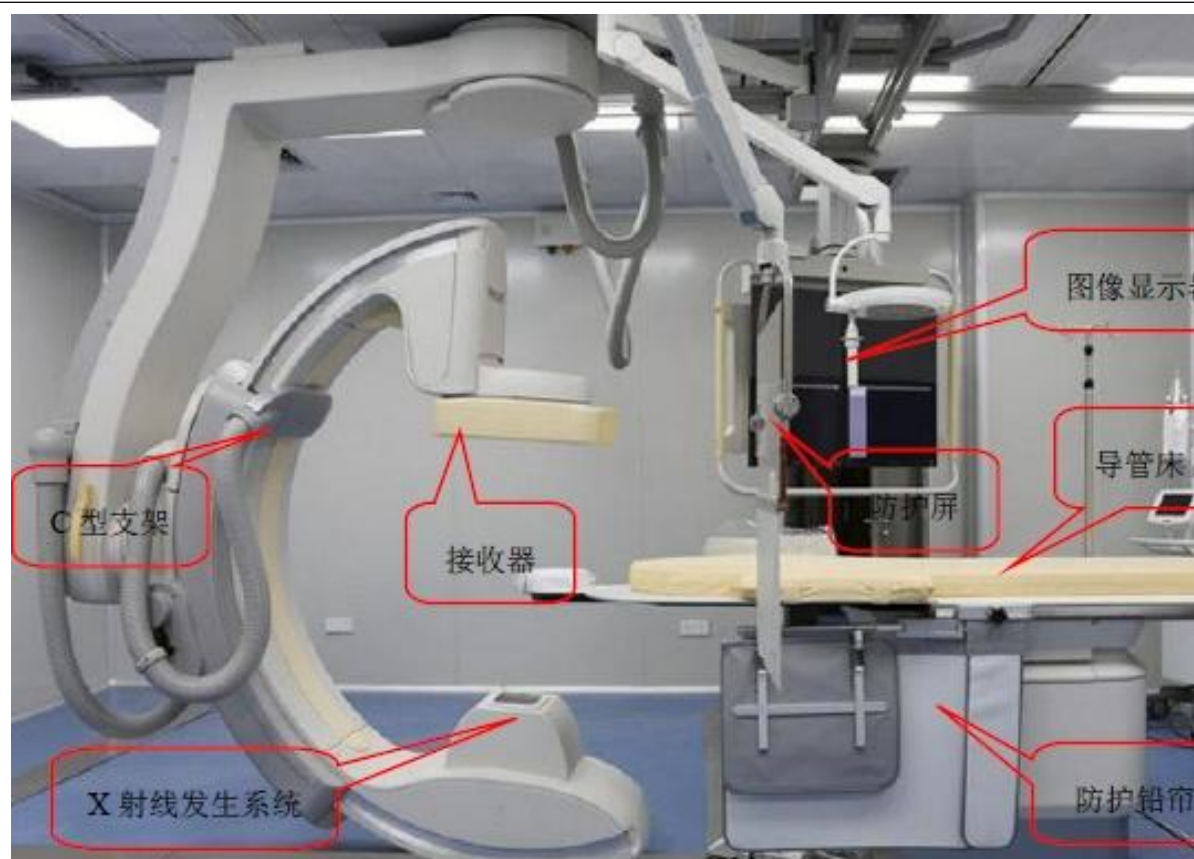


图 9-2 (1) 常见 DSA 装置整体外观示意图



图 9-2 (2) Artis zeego III 型 DSA 射线装置整体外观示意图

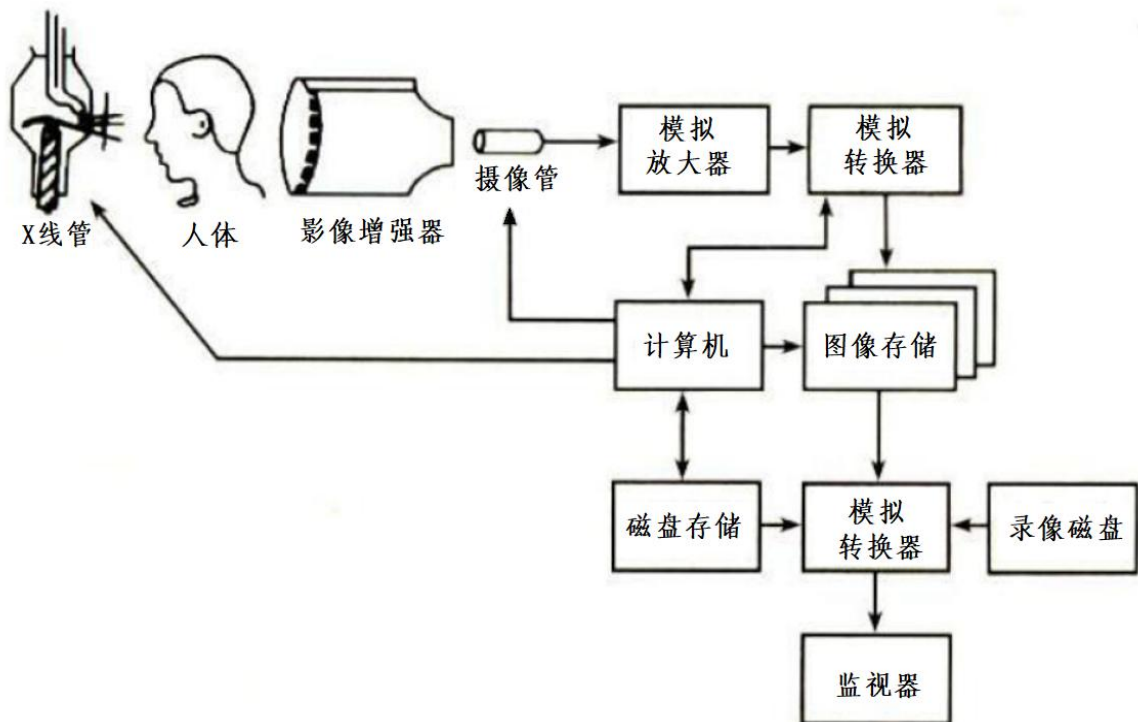


图 9-3 DSA 工作原理示意图

①X射线发生和显像系统

X线发生和显像系统包括X线管，高压发生器，影像增强器，电视摄像机，光学

系统和监视器等。

该建设项目 DSA 的核心部件为 X 射线管，X 射线管在高压发生器作用下产生的 X 射线是该建设项目的主要职业病危害因素。该建设项目配置的 X 射线设备产生射线的原理如下：设备由 X 射线管和高压电源组成。X 射线管由阴极和阳极组成。阴极通常是装在聚焦杯中的钨灯丝，阳极靶则根据应用的需要，由不同的材料制成各种形状，一般用高原子序数的难熔金属制成。当灯丝通电加热时，电子则从阴极逸出来，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轰击。高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在打到靶体之前被加速到很高的速度。这些高速电子到达靶面为靶所突然阻挡由于韧致辐射产生 X 射线。管电压越高，电子流速度越大，产生 X 射线的能量也越高。DSA 的 X 射线管结构图如图 9-4 所示。

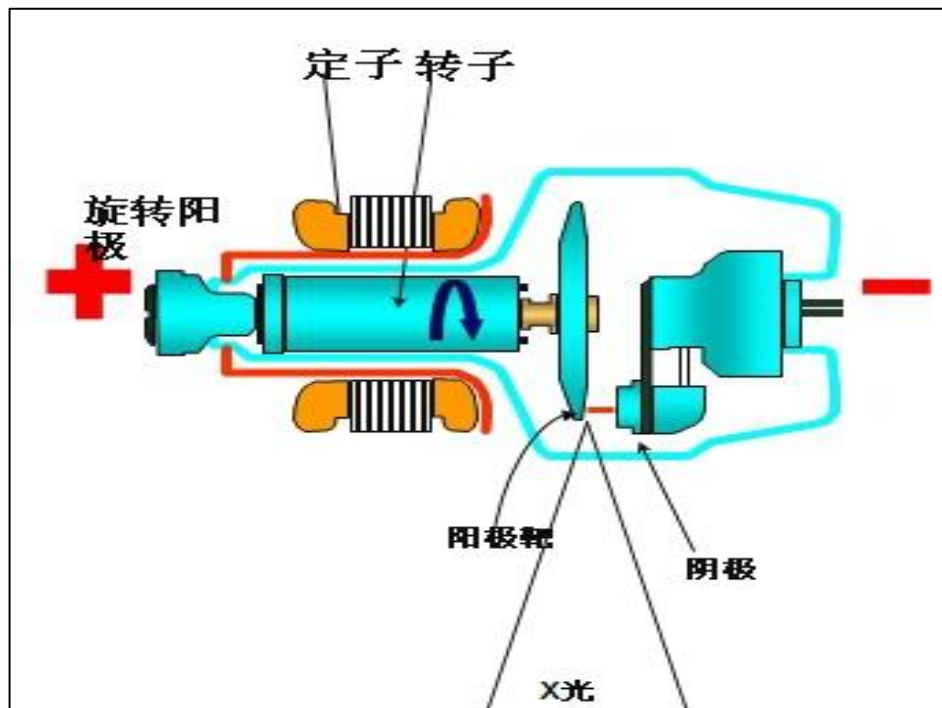


图 9-4 DSA 的 X 射线管结构图

## ②机械系统

机械系统主要包括机架和导管床。

## ③图像数据采集和存储系统

采集图像介质有胶片、硬盘、光磁盘等。

## ④计算机系统

在 DSA 系统中，计算机主要用于控制和图像后处理。

### ⑤辐射屏蔽系统

X 线显像系统中的影像增强器本身就是一个有用线束的屏蔽设施，通常在影像增强器透射和摄影情况下，由于影像增强器对初始有用线束的屏蔽作用，介入手术机房的辐射屏蔽设计一般只需考虑次级屏蔽就足够了。此外，数字减影血管造影装置出厂将配备铅玻璃悬挂屏风和床侧防护铅帘等辅助防护设施，为从事介入手术近台操作的医务人员提供辐射屏蔽。

#### (4) 操作流程及产污环节

接诊患者后根据其病情确认诊疗方法，告知患者及家属采用 DSA 治疗的辐射危害。患者进入机房后，技师或护士协助摆位后离开机房（患者留下）。开启 DSA 设备，技师在控制室内首次拍片初步确认病灶部位后，手术医生穿戴好防护用品进入机房，在透视操作下插入导管，之后离开机房，技师在控制室内加压输入造影剂，拍片，当确诊病灶部位后，手术医生穿戴好防护用品后再次进入机房进行介入治疗直到治疗结束，关机。

项目 DSA 在进行曝光时分为两种情况：

第一种情况：透视。患者需要进行介入手术治疗时，为更清楚的了解患者情况时会有连续曝光，并采用连续脉冲透视，此时介入医师穿戴铅服、铅眼镜、铅围脖等防护用品以及使用床侧防护帘、铅悬挂帘等辅助防护措施在机房内对患者进行介入手术（同室操作）。

第二种情况：摄影。医技人员在控制室内对患者进行曝光（隔室操作），通过铅玻璃观察窗和操作台观察机房内患者情况。一般用于介入手术期间的图像保存及单独的血管造影拍片，占 DSA 实际工作中的时间比例较小。

介入放射手术的工作流程如下：

1) 患者候诊、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) 向患者告知可能受到的辐射危害：介入主管医生向患者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) 设置参数，患者进入机房、摆位：根据不同手术及检查方案，设置 DSA 系统的

相关技术参数，以及其他监护仪器的设定；引导患者进入机房并进行摆位。

4) 根据不同的治疗方案，医师及护士密切配合，完成介入手术或检查。

5) 治疗完毕关机：手术医师应及时书写手术记录，技师应及时处理图像、刻录光盘或照片；对单纯接受介入造影检查的患者，手术医师应在 24 小时内将诊断报告写出由患者家属取回保管。

### 9.1.2 污染因子

DSA的X射线诊断机曝光时，主要污染因子为X射线。注入的造影剂不含放射性，同时射线装置均采用先进的数字显影技术，不会产生废显影液、废定影液和废胶片。DSA操作流程及产污环节如图9-5所示。

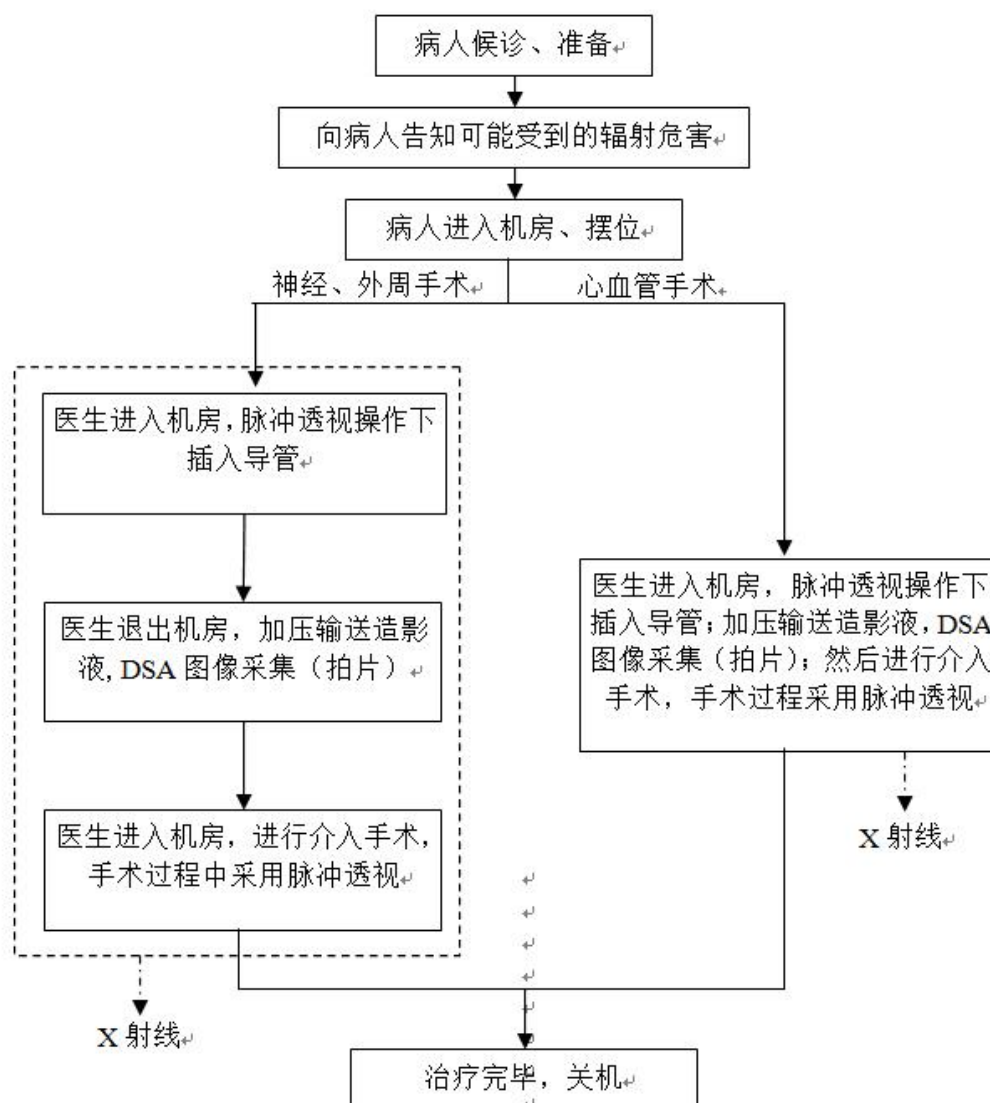


图 9-5 DSA 操作流程及产污环节示意图

DSA 为 II 类射线装置，射线装置运行时，主要污染因子为 X 射线，注入的造影剂不含放射性，同时 DSA 采用先进的数字显影技术，不使用胶片冲洗显影，不会产生废显影液、废定影液和废胶片。

### 9.1.3 工作负荷及人员配置计划

#### (1) 人员配置

使用本项目 DSA 开展手术的科室有神经中心、心血管内科、放射科，工作人员共 8 人，其中拟配备神经中心医师 1 人、放射科医师 1 人，心血管内科医师 2 人，技师 2 人，护士 2 人，以上 8 名工作人员均纳入辐射工作人员管理。本项目 8 名辐射工作人员由医院相应科室调配并经过专业技术培训后上岗，如有不足将从外部招聘，目前相关人员名单均未定。

该项目拟配备辐射工作人员的配置计划详见表 9-2。

**表 9-2 本项目辐射工作人员配置计划一览表**

使用科室	医师	技师	护士
神经中心	1	2*	2*
心血管内科	2		
放射科	1		

注：\*表示相互轮班，手术时一般为 2 名医师+1 名技师+1 名护士一组。

工作制度：每天工作 8 小时，每年工作按 250 天计。

#### (2) 工作负荷

本项目投入运行后，预计 DSA 全年开展介入手术 500 台，经与建设单位充分沟通核实，建设单位根据预期介入手术工作量和介入工作人员数量以及介入科室建成后带来的综合收益，分析预测其中单名医生年最大手术台数不超过 150 台（其中单名心血管内科医师开展的手术量最大约为 150 台，单名放射科医师开展的手术量最大约为 100 台，单名神经中心医师开展的手术量最大约为 100 台），单名护士年最大手术台数预计为最大 250 台（2 人轮岗操作），单名技师年最大手术台数预计为 250 台（2 人轮岗操作）。摄影工作状态下，平均每台手术 DSA 出束时间为 0.7min；透视工作状态下，平均每台手术 DSA 最长出束时间为 18.8min。本项目 DSA 最大工作负荷见表 9-3，辐射工作人员工作负荷见表 9-4。



**表 9-3 本项目 DSA 射线装置最大工作负荷情况**

科室	单台手术最长 时间 (h)	单台手术曝光时间 (min)		年手术台数 (台)	年出束时间	
		摄影	透视		摄影 (h)	透视 (h)
神经中心	2.0	1	25	100	1.67	41.67
心血管内科	3.0	0.5	20	300	2.5	100
放射科	1	0.5	3	100	0.83	5
合计	/	/	/	500	5	146.67
年最大曝光时间 (h)					151.67	

**表 9-4 单名介入医生、护士、技师的工作负荷情况**

岗位	工作状态	平均每台手术出束时 间 (min)	单人全年累计参与 手术量 (台)	单人最大年工作负 荷 (h)
神经中心的 医师 (1 人)	摄影	1	100	1.67
	透视	25		41.67
心血管内科 医师 (1 人)	摄影	0.5	150	1.25
	透视	20		50
放射科医师 (1 人)	摄影	0.5	100	0.83
	透视	3		5
护士 (1 人)	摄影	0.6	250	2.5
	透视	17.6		73.33
技师 (1 人)	摄影	0.6	250	2.5
	透视	17.6		73.33

## 9.2 污染源项描述

### (1) 正常工况

DSA 装置运行过程中，由球管源组件释放出的 X 射线通常分为二类：一类为有用线束（又称初级辐射），是直接由 X 射线管出射口经过限束装置准直能使受检部位成像的一种辐射束；另一类为非有用线束（又称次级辐射），包括有用线束照射到患者或其他物体时的散射辐射和球管源组件泄漏辐射。有用线束能量相对较高，剂量较大，而泄漏辐射的剂量相对较小。

①X 射线装置开机工作时，能产生具有能量的 X 射线，对人员造成外照射，不开

机状态不产生辐射。在开机情况下，设备安全和防护硬件及措施到位的正常情况下，X射线机房外的工作人员及公众基本上不会受到X射线的照射。

②手术室内进行介入手术操作的医生和其他医务人员，则会受到一定程度的X射线外照射。

③X射线装置在出束过程中会电离空气，空气吸收辐射能量并通过电离离子的作用可产生臭氧和氮氧化物。由于DSA产生的X线输出功率低，剂量小，光子能量低，每次曝光时间短，因此臭氧和氮氧化物产生量极少，通过采取机械通风、保证换气次数的方式，有害气体对环境和人员的影响不大。

因此，在开机期间，X射线成为DSA污染环境的主要因子，其次为臭氧及氮氧化物废气。

## (2) 非正常工况

根据医用诊疗射线装置的使用特点，在以下几种异常情况下工作人员或其他人员可能接触到高剂量X射线照射：

①操作管理不善，运行期间人员误入或未撤离机房，造成人员意外剂量照射。

②操作介入手术的医生或护士未穿戴铅围裙、防护手套、防护帽和防护眼镜等防护用具，而受到超剂量外照射。

③控制设备出现故障或操作失误，超剂量照射，造成病人额外的剂量照射。

④维修期间，设备意外出束，造成维修人员受到意外剂量照射。

异常运行或事故状态下主要辐射污染源同正常运行状态。

## 9.2 施工期工艺分析

该建设项目DSA设备，拟设置在创伤急救大楼三层DSA导管室内，用于影像诊断和介入治疗，施工内容主要为DSA导管室及其配套功能用房的墙体改造和防护装修以及DSA的安装调试等。施工期工艺流程及产污环节见图9-6。

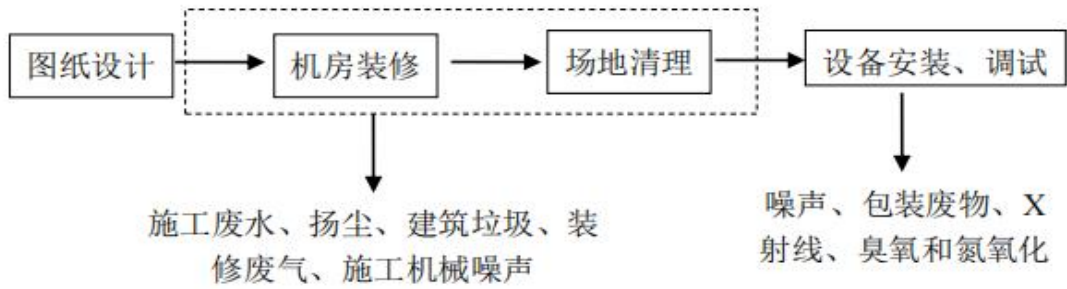


图 9-6 施工期工艺流程及产污环节图

### (1) 废气

本项目在施工装修阶段会有涂料废气产生，根据市场调查，涂料废气中有害气体主要为甲醛、二甲苯和甲苯。该废气的排放属无组织排放，应加强室内的通风换气，施工装修结束后，也应每天定期通风换气。因项目工期短，施工量小，故涂料废气排放量较少。

### (2) 生活污水

本项目DSA导管室和相应配套场所施工量较少，施工期短，施工人员仅寥寥几人，所产生的生活污水量很少。生活污水进入医院污水处理站预处理达标后纳入市政污水管网。

### (3) 固体废物

#### ① 建筑垃圾

建筑固废产生量与施工水平、建筑类型等多种因素有关。本项目建筑垃圾在装修期间产生，产生量很少，由施工方统一清运至住建部门指定堆放点。

#### ② 生活垃圾

本项目施工量少，施工期短，施工人员数量少，故生活垃圾产生量也很少。生活垃圾由医院集中收集后交环卫部门统一清运。

### (4) 施工噪声

本项目施工期的噪声源主要是施工机械和设备的噪声，由于本项目施工范围小，施工作业较少，施工方式主要为人工施工，机械设备的使用量较少，同时项目施工噪声影响是暂时的，将随着施工期的结束而消失。施工期间，施工机械、设备的噪声时起时停，针对施工期产生的噪声，具体防治措施有：

①合理安排施工进度和作业时间，对主要噪声设备采取相应的限时作业，禁止在午休时间和夜间施工；优先选择低噪音设备，并注意对施工机械的维修、保养，使其保持良好的运行状态；对施工人员进行文明施工教育，施工中不准大声喧哗；合理布局施工场地，避免在同一施工地点安排大量动力机械设备；适当设置临时声障。

②经上述措施防治后，可大大降低本项目施工过程中噪声对周围的影响，场界噪声可满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）标准的要求。因此，本项目施工期对周围声环境影响时间和强度均较小。

#### （5）建筑扬尘

在进行室内施工和装修时会产生少量的建筑扬尘，通过在现场洒水、设置围挡等措施后可得到有效控制。

#### （6）设备安装调试

本项目 DSA 安装及调试由设备供货方专业人员进行，医院方不得自行安装及调试设备。安装调试阶段是在辐射防护施工完成后进行，在此过程中各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在机房门外设立辐射警示标志，禁止无关人员靠近。设备安装过程中会产生废包装纸/袋、X 射线、少量臭氧和氮氧化物。因安装调试时间短，各污染物产生量很少，且调试结束关机后，X 射线将即时消除，因此，本项目设备安装调试造成的环境影响很小。

## 表 10 辐射安全与防护

### 10.1 项目安全设施

#### 10.1.1 工作场所布局

本项目拟建的 DSA 导管室位于创伤急救大楼三层，DSA 导管室布局见图 10-1，DSA 导管室剖面图见图 10-2。拟建的 DSA 导管室周围功能用房设计情况见表 10-1。

表 10-1 DSA 导管室周围功能用房设计情况表

建筑物方位	/	东	南	西	北	上层	下层
建筑物名称	DSA 导管室	操作间、库房	清洁走廊	设备间、污物分类间	洁净走廊	值班室	CCU 病房和监护大厅
毗邻关系	/	紧邻	紧邻	紧邻	紧邻	紧邻	紧邻
区域划分	控制区	监督区	监督区	监督区	监督区	监督区	监督区

DSA 导管室北墙与洁净走廊隔墙拟设置电动推拉式患者防护门（拟设置防夹装置和闭门装置），东墙与控制室隔墙拟设置手动平开式工作人员防护门（拟设置自动闭门装置）和铅玻璃观察窗，放射工作人员拟通过观察窗隔室曝光操作，南墙与清洁走廊隔墙拟设置手动平开式防护门（拟设置自动闭门装置），西墙与设备间隔墙拟设置设备间手动平开式防护门（拟设置自动闭门装置）。

本项目 DSA 导管室周围及上下方区域无儿科、新生儿科和妇产科等辐射敏感科室；机房与控制室共墙位置拟设置铅玻璃观察窗，便于观察机房内患者情况及各防护门开闭情况。本项目 DSA 导管室及其辅助功能用房相对集中布置，设置有患者通道、医护通道和污物通道，DSA 经过机房实体屏蔽体屏蔽后，屏蔽体外剂量率符合标准要求，对周围辐射环境及人员影响是可以接受的，因此本项目 DSA 导管室平面布局合理可行。本项目工作场所布局符合国家标准要求。

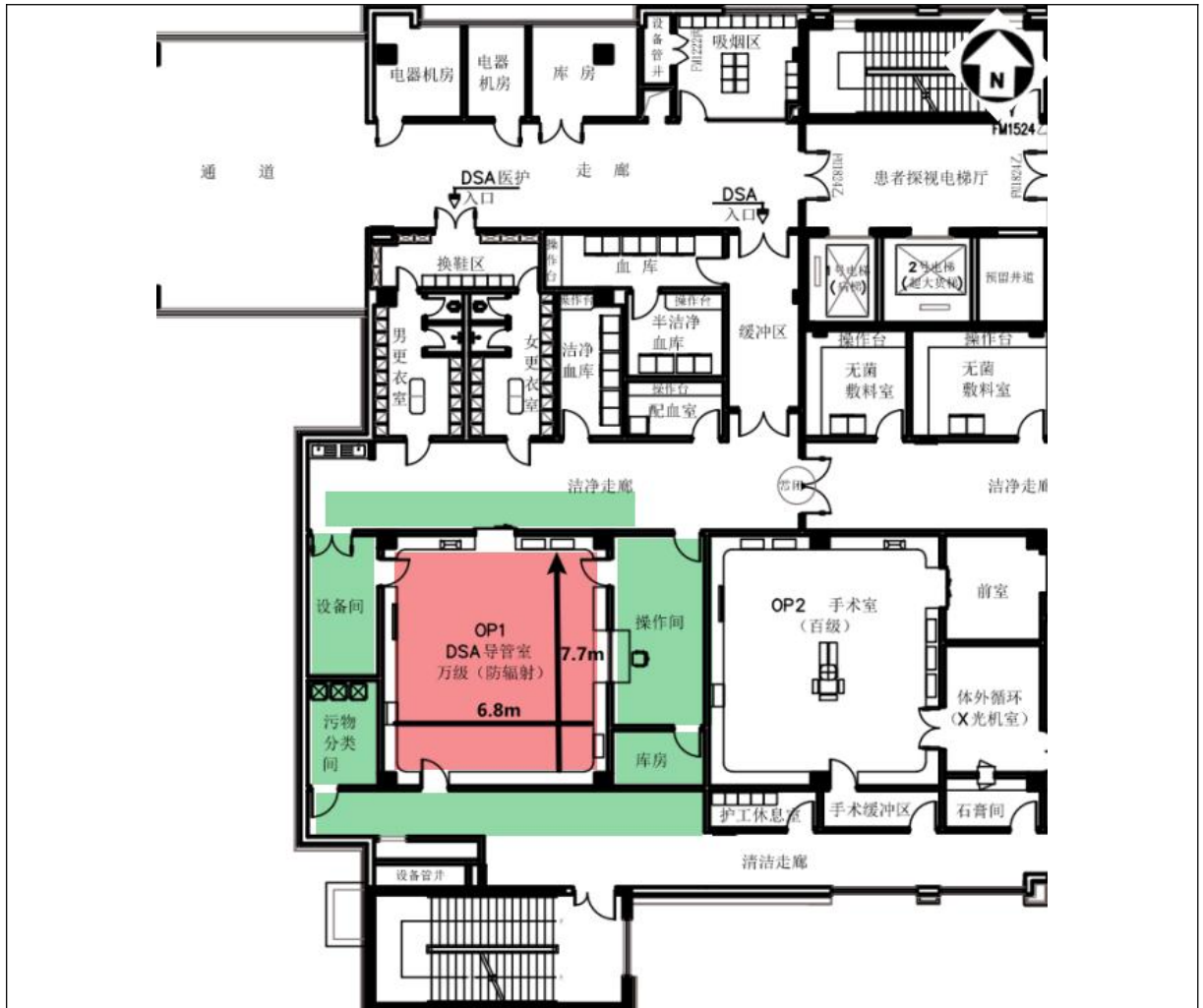
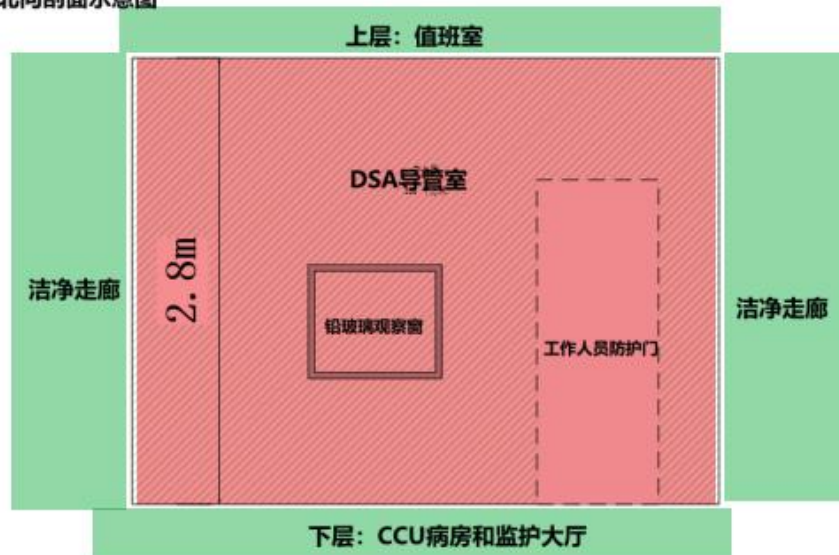


图 10-1 DSA 导管室平面布局及分区图

南北向剖面示意图



图示：  
 监督区  
 控制区

图 10-2 DSA 导管室东南向西北剖面图

### 10.1.2 分区及管理

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防范工作，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），要求在辐射性工作场所内划出控制区和监督区。

#### （1）“两区”划分原则与依据

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），“两区”划分原则与依据：

①注册者和许可证持有者应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围；

②确定控制区的边界时，应考虑预计的正常照射的水平、潜在照射的可能性和大小，以及所需要的防护手段与安全防护措施的性质和范围；

③注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区：这种区域未被定为控制区，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。

控制区：在正常工作情况下，控制正常照射或防止污染扩散，以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求或可能要求专门防护手段和安全措施的限定区域。在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志并给出相应的辐射水平和污染水平的指示。运用行政管理程序如进入控制区的工作许可证和实体屏蔽（包括门锁和联锁装置）限制进出控制区，放射性操作区应与非放射性工作区隔开。

监督区：未被确定为控制区，正常情况下不需要采取专门防护手段或安全措施，但要不断检查其职业照射状况的制定区域。在监督区入口处的合适位置张贴电离辐射警示标记；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。

#### （2）“两区”划分

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的“两区”划分原则与依据，对 DSA 导管室进行划分，控制区和监督区划分情况见表 10-1 和图 10-1、图 10-2。

### 10.1.3 路径分析

DSA 导管室工作人员路径：辐射工作人员换鞋后，在更衣室（男更或女更）更换手术服并穿戴个人防护用品，经过刷手消毒后，通过洁净走廊（医护走廊）防护门进入 DSA 导管室。

患者路径：患者经预约后，在手术室患者入口进入换床去和缓冲区，而后进入洁净走廊，通过患者通道防护门（缓冲间防护门）进入 DSA 导管室，完成介入手术治疗，术后原路返回。

污物路径：本项目介入手术会产生药棉、纱布和手套、废造影剂及瓶等医疗废物，术中产生的污物暂存机房内，术后由专业消毒人员通过空间交通方式，将废物打包处理后通过清洁走廊暂存于污物分类间，而后经过清洁走廊送至污物电梯厅（5 号电梯），而后运送至医院医废处集中处理。

DSA 导管室和配套房间集中布置，相对独立且人流较少，同时将通过“空间交通”模式合理运送污物，以避免交叉污染，合理的布局降低了公众受到照射的可能性，且周围无明显环境制约因素。另外，患者防护门设患者出入标识，工作人员防护门设医护人员出入标识。



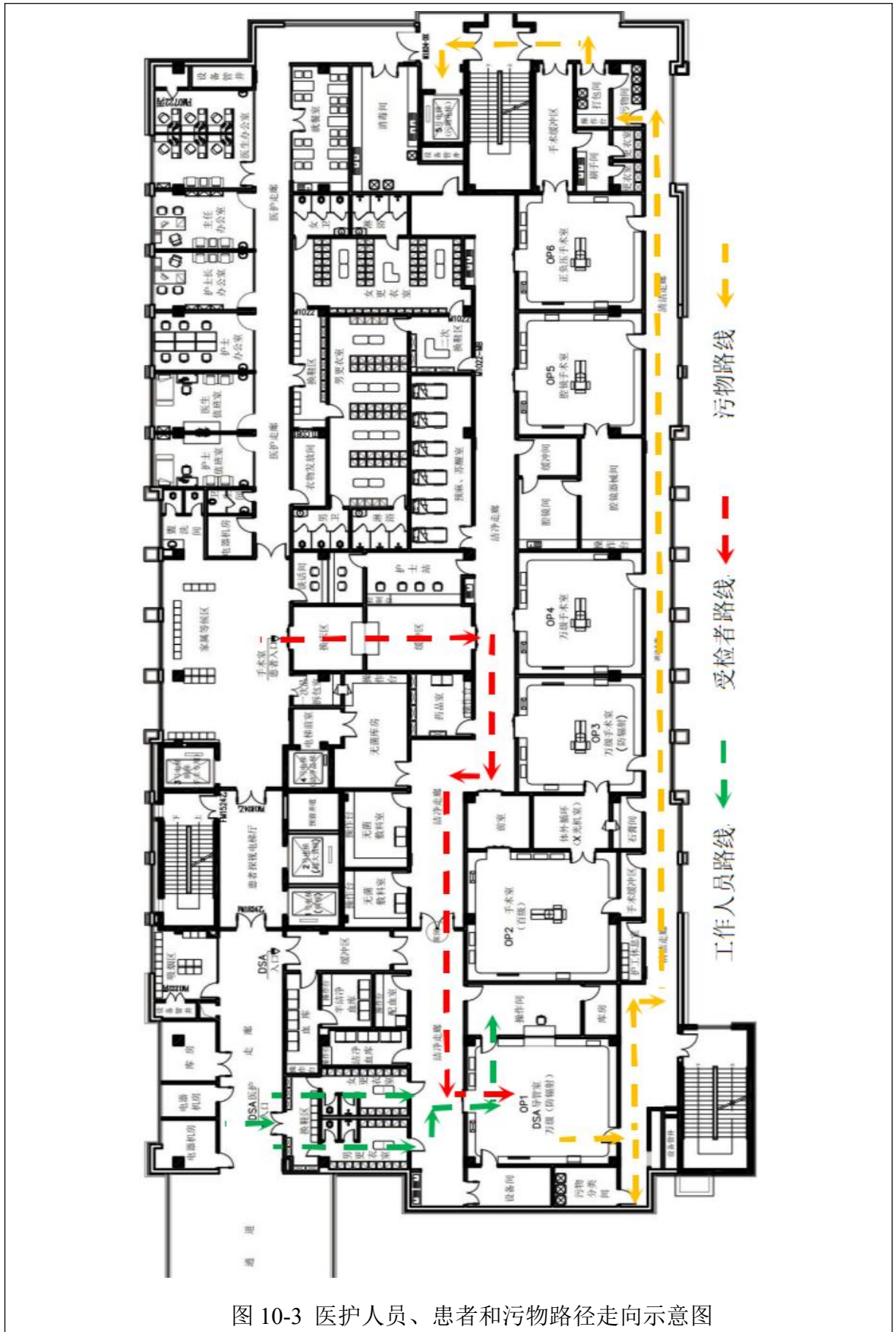


图 10-3 医护人员、患者和污物路径走向示意图

## 10.2 辐射安全及防护措施

本项目DSA射线装置的主要辐射为X射线，对X射线的基本防护原则是减少照射时间、远离射线源以及必要的屏蔽。本项目对X射线外照射的防护措施主要有以下几方面。

### 10.2.1 设备固有安全性

#### (1) 安全防护措施

本项目使用1台西门子医疗系统有限公司生产的Artis zeego III型DSA射线装置，主束方向为由下朝上，为单管头设备，最大管电压125kV，最大管电流1000mA，属于II类射线装置。根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020），设备具备以下安全防护措施：

①采用栅控技术：在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的过滤板，以多消除软X射线以及减少二次散射，优化有用X射线谱。设备提供适应不同应用时所选用的各种形状与规格的准直器隔板和过滤板。

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（如每秒25帧、12.5帧、6帧等可供选择），改善图像清晰度；并能明显地减少透视剂量。

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

⑤急停开关装置：介入手术床旁设置急停开关（各开关串联并与X射线系统连接）。X射线系统出束过程中，一旦出现异常，按动急停开关，可停止X射线系统出束，并在急停开关旁设置醒目的中文提示。

#### (2) 其它防护措施

①DSA导管室控制室上张贴相应的辐射安全规章制度、操作规程。上墙制度包括《辐射事故应急预案》、《放射防护安全管理制度》、《辐射安全和防护设施维护维修制度》、《DSA安全操作规程》，制度字体醒目，尺寸大小应不小于400mm×600mm。

②机房门墙间均进行了有效搭接，防止射线的泄漏，并装有防夹装置，同时设置有自

动闭门装置，可以保证开门状态设备扫描停止，防止无关联照射。

③机房受检者出入口门外地面应设置黄色警戒线，告诫无关人员请勿靠近。手术期间，陪护人员禁止进入监督区域和控制区域。防护门外和墙面的醒目位置设置明显的电离辐射警告标志，电离辐射警告标志须符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 F 要求。

④本项目介入手术医生和护士均配备铅衣内外双个人剂量计，其中铅衣内外双个人剂量计分别佩戴在铅围裙外锁骨对应的领口位置及铅围裙内躯干位置，内外两个剂量计应有明显标记，防止剂量计戴反；技师配 1 支个人剂量计，为铅衣外个人剂量计。

⑤门灯连锁：患者防护门上方设置醒目工作状态指示灯，灯箱上设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句。患者防护门为电动推拉门设有防夹装置，工作状态指示灯能与机房门有效关联。候诊区设置放射防护注意事项告知栏。

⑥对讲装置：DSA 导管室设置对讲装置，操作台的工作人员可以通过对讲装置与机房内的手术人员联系。

⑦按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020），本项目 DSA 导管室内应配置 0.5mm 厚的铅当量的铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜及不低于 0.025mm 厚的铅当量的介入防护手套，介入手术工作人员应穿戴防护用品，DSA 导管室的医护人员可采用铅帘（不低于 0.5mmPb）进行必要的遮挡；DSA 导管室需为成人患者和儿童患者配有相应的铅橡胶性腺防护围裙、铅橡胶颈套，用于患者非照射部位进行防护，以避免患者受到不必要的照射。

表 10-2 本项目拟配备个人防护用品与标准对照表

机房名称	人员类型	《放射诊断放射防护要求》 (GBZ130-2020) 要求		本项目配置情况		是否符合标准要求
		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 检查室	工作人员	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套 选配：铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏/ 铅防护吊帘、 床侧防护帘/床侧防护屏； 选配：移动铅	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、铅橡胶帽子各 6 件， 铅当量均为 0.5mmPb；介入防护	铅悬挂防护屏/ 铅防护吊帘、 床侧防护帘/床侧防护屏各 1 件	符合

			防护屏风	手套 6 套, 铅当量 0.025mmPb; 移动铅防护屏风 1 扇, 铅当量 2mmPb		
	患者	铅橡胶性腺防护围裙 (方形) 或方巾、铅橡胶颈套 选配: 铅橡胶帽子	——	铅橡胶性腺防护围裙、铅橡胶颈套各 1 件; 铅当量均为 0.5mmPb	——	符合
	儿童患者	为儿童受检者 (患者) 配备儿童专用防护用品, 铅当量不低于 0.5mmPb	——	儿童专用铅橡胶颈套、铅橡胶性腺防护围裙各 1 件, 铅当量为 0.5mmPb	——	符合
注: 除介入防护手套为 0.025mmPb, 其余个人防护用品和辅助防护设施的铅当量均不低于 0.5mmPb。						

由上表可知, 本项目拟配置的个人防护用品和辅助防护设施符合《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020) 中表 4 的要求。

### 10.2.2 机房屏蔽防护措施符合性分析

本项目 DSA 导管室由具有相应资质的单位进行设计, 机房的四侧墙体、顶棚均修建了相应的屏蔽体对射线进行有效的屏蔽。根据机房的屏蔽状况见表 10-6, 机房最小单边长及有效使用面积见表 10-7。

参考《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020) 附录 C 的 C.1.2 中式 (C.1) 及式 (C.2) 进行等效铅当量厚度的计算。

$$B = \left[ \left( 1 + \frac{\beta}{\alpha} \right) e^{\alpha \gamma X} - \frac{\beta}{\alpha} \right]^{-\frac{1}{\gamma}} \quad (\text{式 10-1})$$

式中:

B——给定铅厚度的屏蔽透视因子;

$\beta$ ——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。

$$X = \frac{1}{\alpha\gamma} \ln \left( \frac{B^{-\gamma + \frac{\beta}{\alpha}}}{1 + \frac{\beta}{\alpha}} \right) \quad (\text{式 10-2})$$

式中：

X——不同屏蔽物质的铅当量厚度；

$\alpha$ ——不同屏蔽物质对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

$\gamma$ ——不同屏蔽物质对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

B——给定铅厚度的屏蔽透视因子。

本项目 DSA 的最大管电压为 125kV，查《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020) 附录 C 表 C.2 和表 C.3，得铅、混凝土和实心砖对管电压为 125kV 对 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数，具体见表 10-3 和表 10-4。

表 10-3 铅、混凝土对 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数

管电压	铅			混凝土		
	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
125kV (主束)	2.219	7.923	0.5386	0.03502	0.07113	0.6974
125kV (散射)	2.233	7.888	0.7295	0.03510	0.06600	0.7832

表 10-4 实心砖对 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数

管电压	实心砖		
	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
125kV(有用线束)	0.02870	0.06700	1.346
125kV(90°非有用线束)	—	—	—

表 10-5 不同厚度混凝土、实心砖屏蔽透射因子计算结果等效铅当量折算

场所	屏蔽体	屏蔽材料	屏蔽材料厚度	等效铅当量	
DSA 导管室	顶棚 (12cm现浇混凝土+4mmPb硫酸钡防护板)	混凝土	120mm	1.44mmPb	5.44mmPb
		防硫酸钡防护板	4mmPb	4.00mmPb	

	地板 (12cm 现浇混凝土+4mmPb 硫酸钡防护涂料)	混凝土	120mm	1.59mmPb	5.59mmPb
		硫酸钡防护涂料	4mmPb	4mmPb	
	四侧墙体 (轻钢龙骨+2mmPb铅板+2mmPb硫酸钡防护板)	铅板	2mmPb	4mmPb	
		硫酸钡防护板	2mmPb		

表 10-6 本项目 DSA 导管室屏蔽防护情况一览表

场所	防护设施	屏蔽材料及厚度 (折算后铅当量: mmPb)	GBZ130 表 3 中标准要求	符合性评价
DSA导管室	四侧墙体	轻钢龙骨+2mmPb铅板+2mmPb硫酸钡防护板 (4mmPb)	有用线束方向 ≥2mmPb 当量, 非有用线束方向 铅当量 应 ≥2mmPb 当量。	符合
	顶棚	12cm现浇混凝土+4mmPb硫酸钡防护板 (5.44mmPb)		符合
	地板	12cm现浇混凝土+4mmPb硫酸钡防护涂料 (5.59mmPb)		符合
	防护门 (4套)	4.0mmPb 防护门 (4.0mmPb)		符合
	观察窗 (1套)	4.0mmPb 铅玻璃 (4.0mmPb)		符合

注: 患者防护门 (电动推拉门): 尺寸为 1800mm×2250mm; 门洞尺寸为: 1500mm×2100mm; 控制室防护门 (手动平开门)、设备间防护门 (手动平开门)、污物通道防护门 (手动平开门): 尺寸为 1000mm×2100mm; 门洞尺寸为: 1020mm×2100mm; 铅玻璃观察窗: 尺寸为 1500mm×900mm; 洞口尺寸为: 1580mm×980mm。

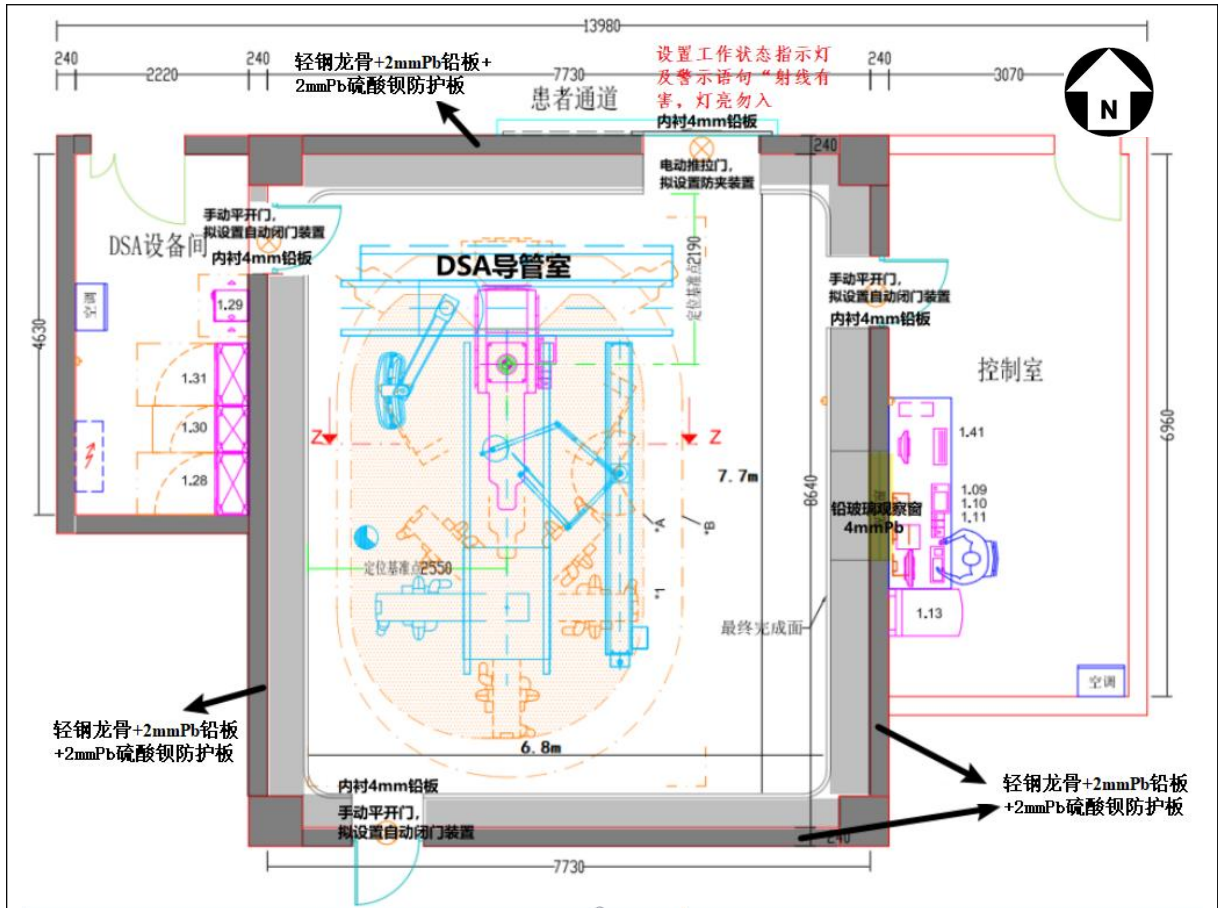


图 10-4 DSA 导管室屏蔽防护设施平面标注示意图

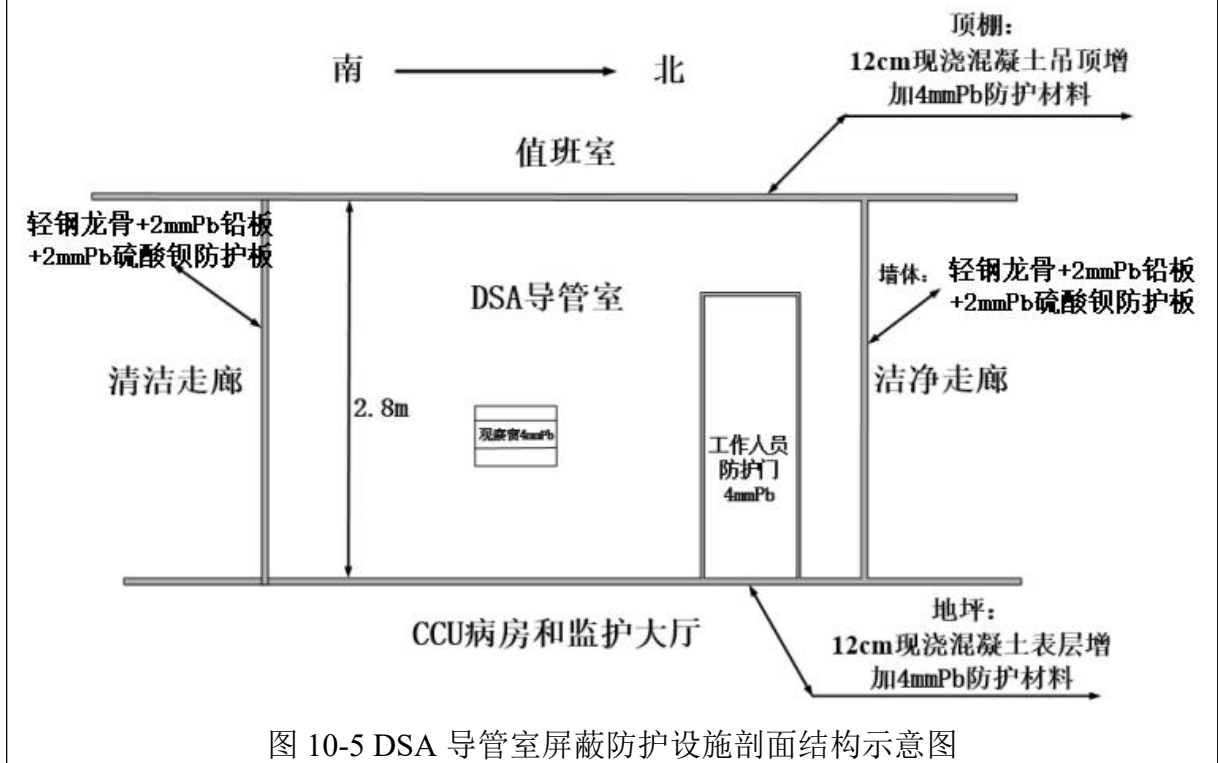
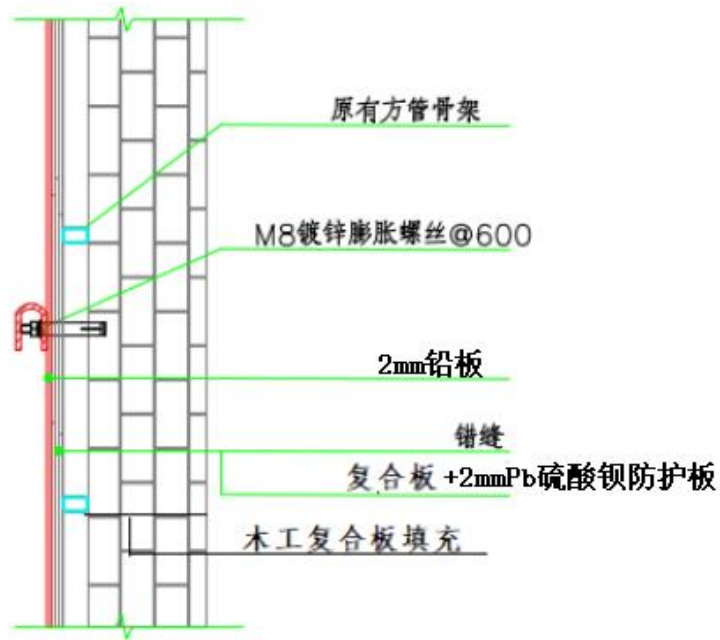


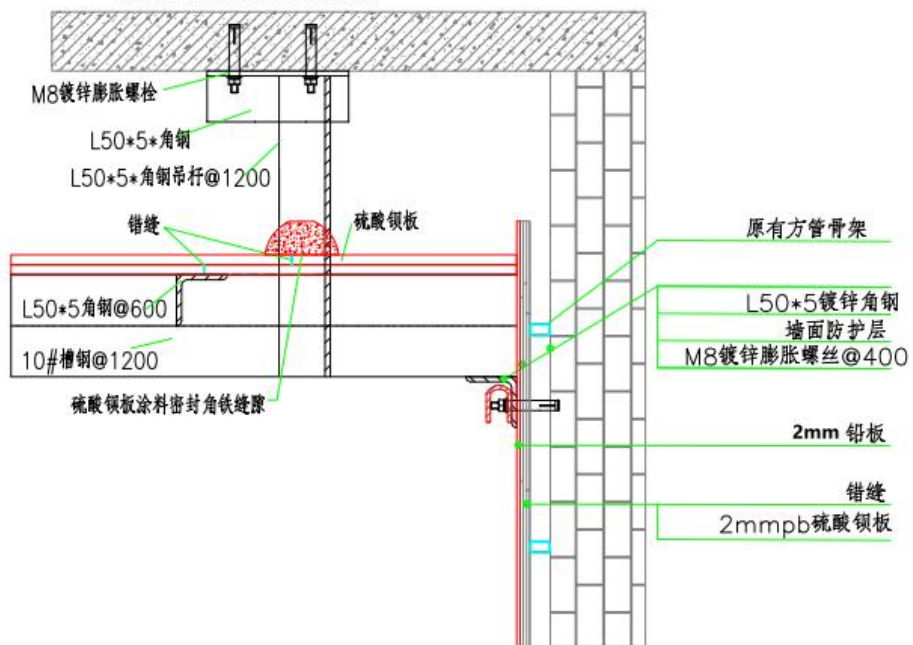
图 10-5 DSA 导管室屏蔽防护设施剖面结构示意图



## 墙面防护大样图

图 10-6 DSA 导管室墙面防护施工示意图

说明：硫酸钡板每层的拼缝位置不能重合，需要错开  
钢结构吊点处作好辅助防护层



## 顶面防护大样图

图 10-7 顶棚防护施工工艺图



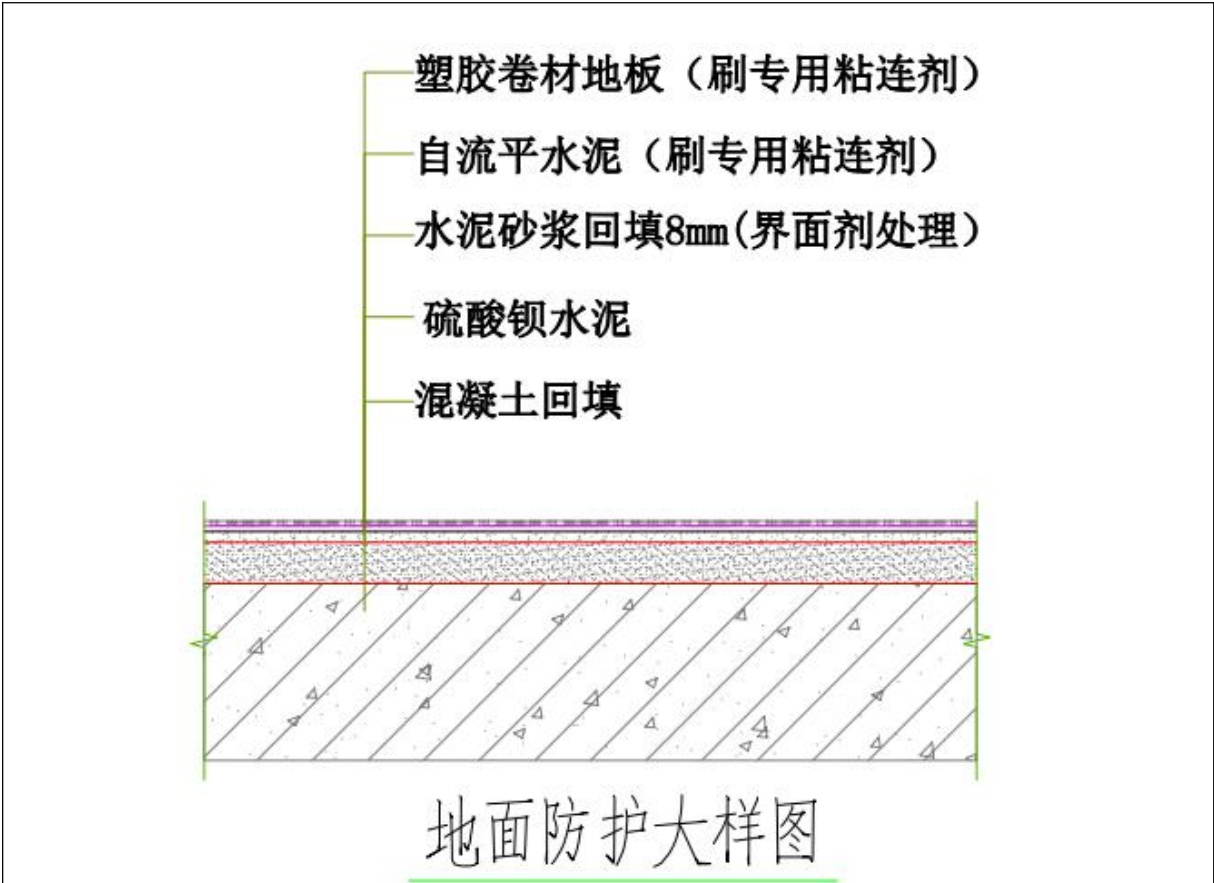


图 10-8 地板防护施工工艺图

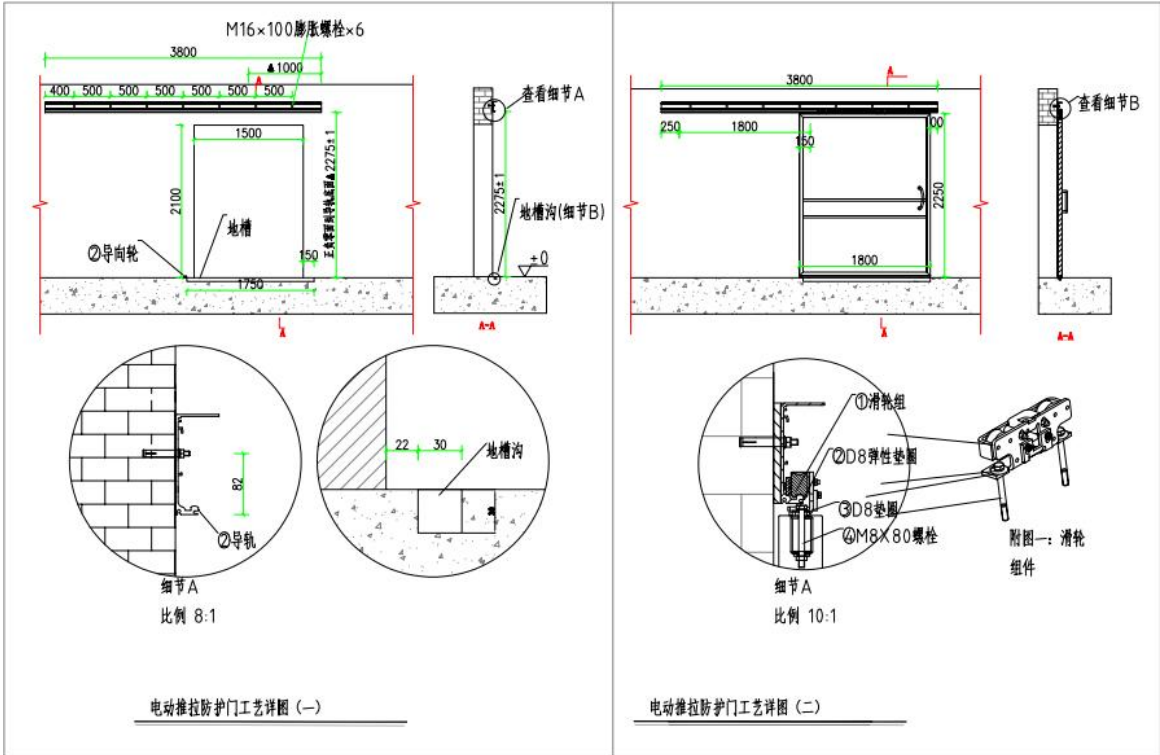


图 10-9 机房电动推拉防护门施工工艺剖面图

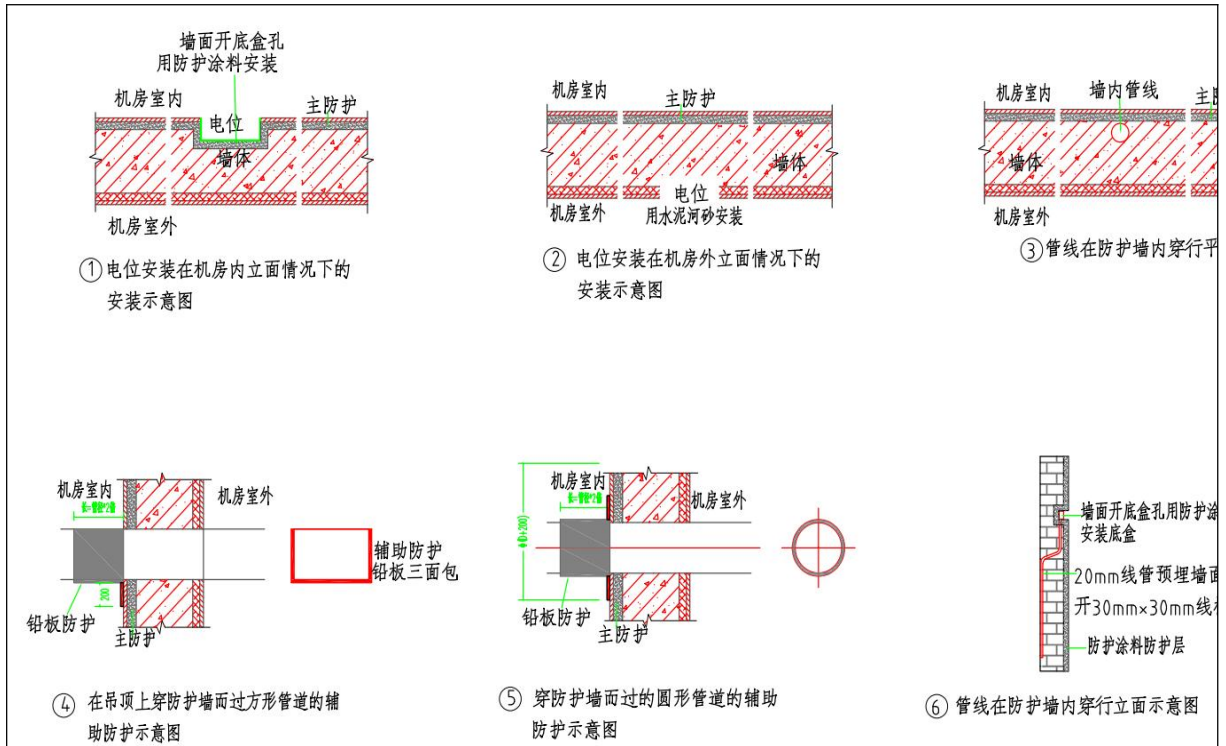


图 10-10 机房内管线盒或管线穿墙的保护施工结构示意图

## DSA检查室洞口立面图

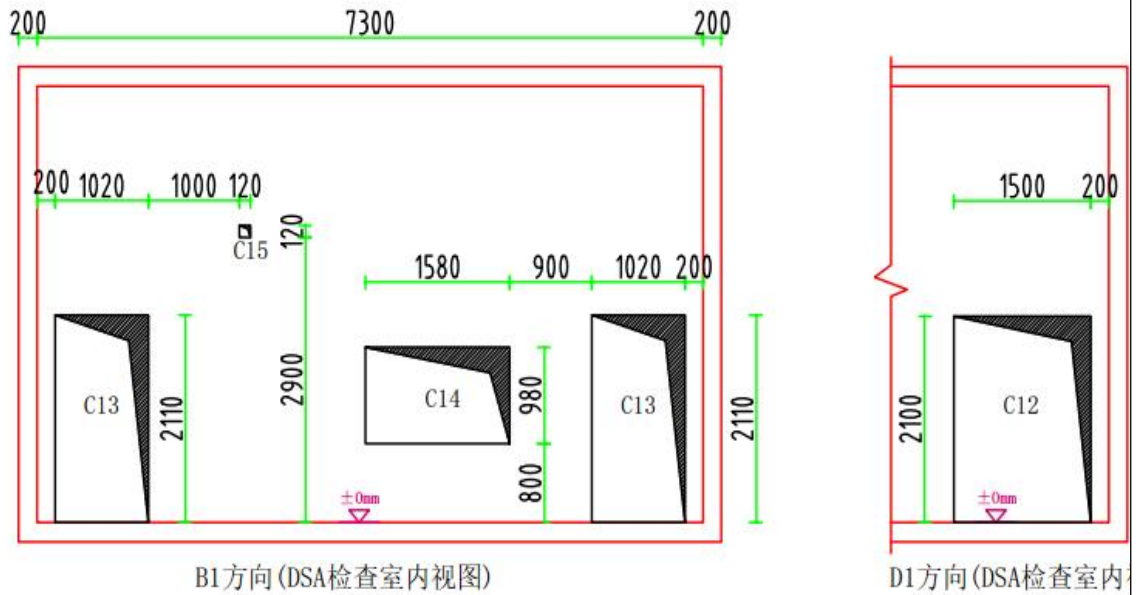
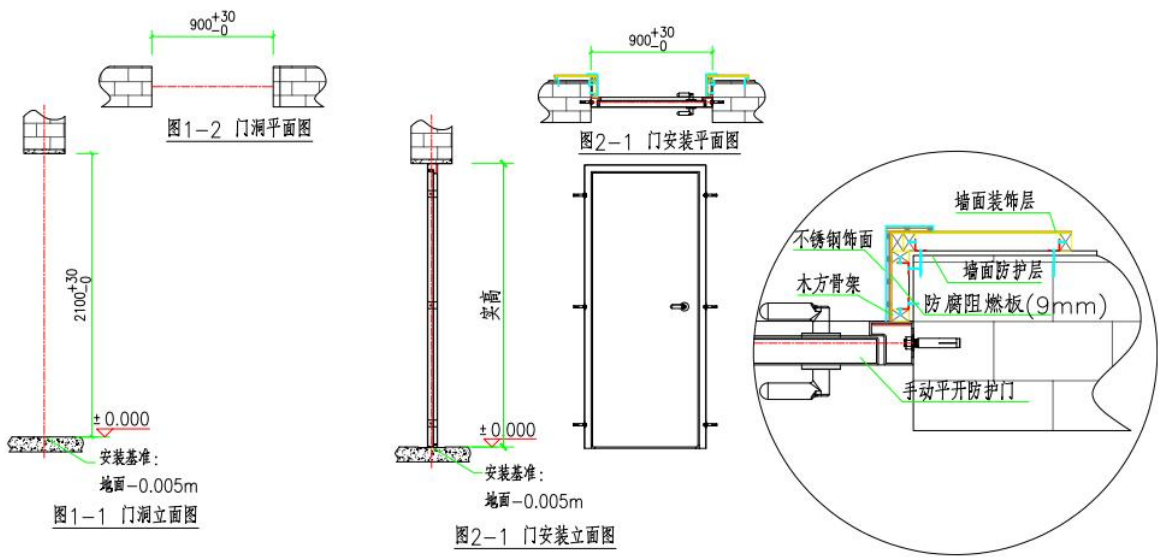


图 10-11 DSA 导管室洞口设计的立面图

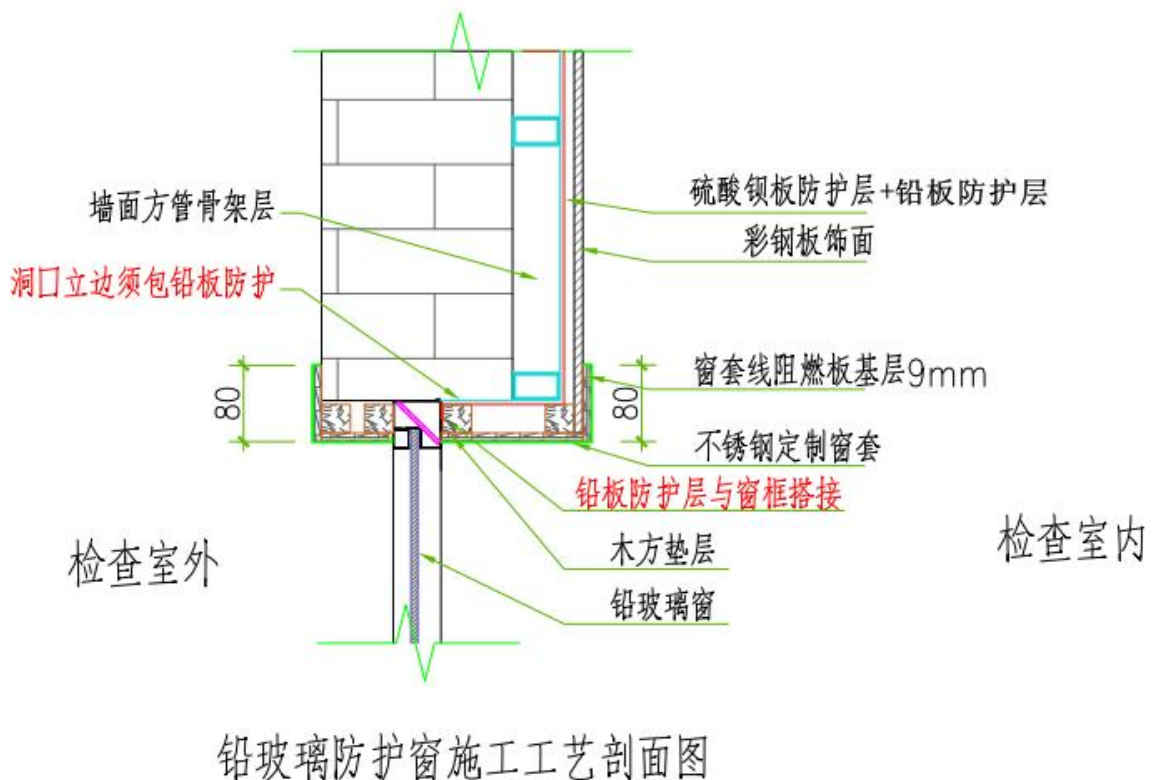


手动平开防护门工艺详图（一）

手动平开防护门工艺详图（二）

6 平开防护门安装详图

图 10-12 DSA 导管室手动平开门的施工设计示意图



铅玻璃防护窗施工工艺剖面图

图 10-13 DSA 导管室铅玻璃观察窗的施工设计示意图

在机房施工时，应当保证不同材料屏蔽体的结合紧密，门、窗与墙体衔接处若存

在縫隙，应当采用硫酸钡水泥砂浆或其他屏蔽材料进行封堵，以保证机房各屏蔽体屏蔽防护的有效性。

表 10-7 本项目 DSA 导管室面积及单边长度一览表

场所名称	项目拟设置情况		GBZ130-2020 表 2 标准要求		符合性评价
	最小单边长度 (m)	最小有效使用面 积 (m <sup>2</sup> )	最小单边长度 (m)	最小有效使用面 积 (m <sup>2</sup> )	
DSA导管室	6.8	52.36	3.5	20	符合

由表 10-6、表 10-7 可知，本项目 DSA 导管室屏蔽防护设计、最小有效使用面积及最小单边长度均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的相关要求。

### 10.2.3 人员辐射安全措施

#### (1) 辐射工作人员

##### 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时间，也避免病人受到额外剂量的照射。

##### ② 距离防护

周边公众主要依托机房的屏蔽墙体、防护门和楼板屏蔽射线，同时机房将严格按照控制区和监督区划分实行“两区”管理，且在机房人员防护门的醒目位置张贴固定的电离辐射警告标志并安装工作状态指示灯，限制无关人员进入，以增加公众与射线源之间的距离，以免受到不必要的照射；对于手术过程中的患者，不影响诊疗成像质量的前提下，尽可能加大患者与射线装置靶点的距离。

##### ③ 屏蔽防护

介入操作人员是近距离接触 X 射线辐射源的人员，在介入手术中，医院应为人员配备有个人防护用品（包括铅衣、铅帽、铅围脖、铅眼镜等）等。此外，DSA 系统自带床旁射线防护帘和悬吊式射线防护屏（防护厚度均为 0.5mm 铅当量）。

本项目控制电缆由 DSA 导管室内通过电缆沟连接至设备间及控制室。电缆沟穿墙方式建议采用下沉穿越，两边覆盖 3mm 不锈钢板的方式穿过 DSA 导管室与设备间

和控制室之间的防护墙，以防止射线漏出。

#### ④剂量防护

为了确保医护人员的安全，操作人员在操作期间，必须佩戴个人剂量计、个人剂量报警仪。

另外，合理安排进行介入治疗手术的医生和护士的手术台数，降低某一工作人员因长时间操作所致剂量。当介入手术医生季度个人剂量超过 1.25mSv 或年剂量超过 5mSv，医院应进行调查，并出具调查报告，在查明原因之前应限制或暂停该工作人员工作时间。

医院应强化管理，加强辐射工作人员的培训和自我保护，严格执行落实《辐射事故应急预案》、《放射防护安全管理制度》、《辐射工作人员岗位职责》、《个人剂量监测管理制度》等规章制度；介入工作人员配备的内外两个剂量计应有明显的标记，防止剂量计戴反。个人剂量每个季度及时送检，严格执行个人剂量计收发制度，建立个人剂量收发记录。

### (2) 患者

#### ①源项控制

在满足诊疗要求的前提下，根据诊断要求和病人实际情况制定最优化的诊断方案，选择能达到诊疗要求最低的射线照射参数，使射线强度最小化。

#### ②时间防护

在满足诊疗要求的前提下，尽量缩短照射时间，照射时间最小化。

#### ③距离防护

在满足诊疗要求的前提下，使患者和受检者离射线源尽可能远。

#### ④屏蔽防护

患者和受检者需配有相应防护厚度的铅帽、铅围脖、铅围裙等个人防护用品。

### (3) 公众

公众主要依托辐射场所的屏蔽墙体、防护门屏蔽射线；同时，通过对辐射工作场所的两区划分管理，增加公众与辐射源的防护距离，减少其受到的 X 射线辐射。

## 10.2.4 辐射工作场所辐射安全保卫措施

为确保本项目辐射工作场所的使用安全，本项目采取的安全保卫措施见表 10-8。

表 10-8 本项目 DSA 导管室采取的安全保卫措施

工作场所	措施类别	对应措施
DSA导管室	安全巡查、有效监控、安全检查	①本项目DSA导管室将纳入医院日常安保巡逻的重点工作范围，加强巡视管理以防遭到破坏； ②工作场所安装监控系统实行24h实时监控； ③DSA射线装置将安排有专人进行管理和维护，并进行台账记录； ④DSA导管室和邻近房间不得存放易燃、易爆、腐蚀性物品等物品。
	防X射线泄漏	①本项目使用1台 DSA，设备各项安全措施齐备；设置有不同的联锁装置确保运行过程中的辐射泄漏； ②本项目DSA导管室屏蔽设计均将按照有关规范要求进行辐射防护设计，只要按照设计和环评要求进行落实，机房不存在辐射泄漏的情况。

### 10.2.5 辐射安全及防护措施对照分析

根据《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序（第三版）》中对数字减影血管造影 X 射线装置（DSA）监督检查技术程序的要求，本次根据医院拟采取的辐射安全措施进行对照分析，具体情况见表 10-9。

表 10-9 本项目辐射安全及防护措施对照分析表

项目	规定的措施和制度	辐射安全措施情况	是否涉及利旧或新增
场所 设施	观察窗屏蔽	4mmPb铅玻璃观察窗（1套）	为设计方案既有，属于新增
	机房防护门	4mmPb铅防护门（4套）	为设计方案既有，属于新增
	操作位局部屏蔽防护设施	铅悬挂防护屏（0.5mmPb）/铅防护帘（0.5mmPb）1件	为DSA设备自带，属于新增
	通风设施	动力通排风系统1套	为设计方案既有，属于新增
	急停装置	设备自带	为DSA设备自带，属于新增
	门灯联锁	/	为设计方案既有，属于新增
	闭门装置	1套	为设计方案既有，属于新增
	对讲系统	1套	为设计方案既有，属于新增
	电离辐射警告标志	4件	为设计方案既有，属于新增

	设备工作指示灯	1套	为设计方案既有，属于新增
监测设备	便携式辐射监测仪	便携式X-γ剂量监测仪1台	纳入医院拟新购计划，属于新增
	个人剂量计	每名介入治疗的辐射工作人员均拟配备个人剂量计2枚(铅衣内外各佩戴1枚)	为医院放射工作人员既有，属于利旧
个人防护用品	医护人员个人防护	本项目辐射工作人员配防护铅当量均为0.5mmPb的铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜各6套，防护铅当量为0.025mmPb的介入防护手套6套；移动铅屏风1扇，2mmPb	该项目新购置相应个人防护用品，属于新增
	患者防护（成人和儿童）	成人患者配备铅橡胶颈套、铅橡胶围裙各1件，铅当量均为0.5mmPb；儿童患者：儿童专用铅橡胶颈套、儿童专用铅橡胶围裙各1件，铅当量均为0.5mmPb	该项目新购置相应个人防护用品，属于新增

黄色警戒线




**受检者辐射危害告知**

一、X射线照射对人体健康有影响，在进行医疗检查时，请慎重选用X射线检查。  
 二、为了您的健康，请不要随意向医师提出X射线检查的要求。  
 三、X射线检查不作为婴幼儿及少年儿童的常规检查项目。  
 四、原则上禁止孕妇作X射线检查，如果您是孕妇或准备受孕的妇女，在X射线检查前务必告知医生。非特殊需要不应进行X射线检查。  
 五、进行X射线摄片时，受检者要积极配合，尽量一次成功，避免重复照射，并按医生要求使用防护用品。  
 六、X射线检查时允许一名受检者进入机房，无关人员不得入内陪同。如病情需要确需有人陪护时，经放射科医生同意后方可入内陪护，但应采取防护措施。  
 七、机房外工作信号灯亮时，说明X射线机正在工作，请勿靠近或推门入内，待检人员须在候诊区等候。

**温馨提示**  
**当心电离辐射**

放射检查有辐射危害  
 请自觉使用防护用品



为了您和胎儿的健康，怀孕三个月内勿接受X线检查。  
 若有怀孕或者可能怀孕，在照X光之前请告知检查人员。



图 10-14 警示设施样例和防护用品样例

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中相应的辐射防护安全措施及设施设置要求，与建设项目拟设置情况进行对照，如表 10-10 所示。

表 10-10 辐射安全控制措施和设施检查表

《放射诊断放射防护要求》 (GBZ130-2020)	本项目设置情况	评价
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	根据设计方案可知，项目所使用的 DSA 设备布设于机房中部位置，DSA 导管室的观察窗设置于控制室侧墙体中部位置。	满足标准要求



位	拟建设的机房门、窗、管线口、操作人员位，均未设置于有用线束直接照射方向。在 DSA 出束时，避免了有用线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位。	
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。	本项目拟设置有观察窗，观察窗设置于控制室侧墙面中部。该观察窗位置能够便于观察到手术时患者状态，同时可观察到机房内各防护门位置，确保开展手术时各防护门均为闭门状态。	满足标准要求
机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。	机房内不堆放与设备和诊疗工作无关杂物，经分析本项目机房布局合理，根据医院提供的资料显示，机房拟设置有动力通风装置，保持机房有良好的通风。	满足标准要求
机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。		满足标准要求
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。	本项目拟在机房患者防护门外拟设置电离辐射警告标志，拟在患者防护门外顶部设置工作状态指示灯，指示灯灯箱拟设置“射线有害，灯亮勿入”的警示语句，以警示人员注意安全；并在患者防护门入口处醒目位置张贴放射防护注意事项和公告栏。	满足标准要求
平开机房门应有自动闭门装置；推拉式机房门应设有曝光时关闭机房门的管理措施；工作状态指示灯能与机房门有效关联。	本项目患者防护门拟设置为电动推拉防护门，拟设置防夹装置；控制室防护门、医护通道防护门拟设置为手动单扇平开门，均拟设置自动闭门装置；患者防护门外工作状态指示灯与机房门设置有联动装置。	满足标准要求

综上所述，本项目通过工作场所布局、分区；设备自身的辐射防护屏蔽设计；设备固有安全性、安全联锁装置、紧急止动开关、机房门防夹装置和闭门装置、电离辐射警告标志、工作状态指示灯等辐射防护措施进行辐射安全防护，能够满足辐射防护需求。

### 10.3 三废的治理

#### 10.3.1 施工期三废治理

DSA 在调试过程会产生少量臭氧和氮氧化物，经机房通风换气后，排出废气臭氧和氮氧化物的浓度很低，经自然分解和稀释，对周围大气环境影响较小。

### 10.3.2 运营期三废治理

#### (1) 废水治理措施

本项目 DSA 采用数字成像，无废显、定影液产生，无需相关治理措施。医护人员产生的生活污水及手术器械清洗产生的医疗废水进入医院污水处理站经“格栅+调节池+兼氧池+接触氧化池+沉淀池+消毒池”工艺处理达到《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005) 表 2 预处理排放标准要求后，排入市政污水管网。

#### (2) 废气治理措施

在 X 射线辐射源的照射下，空气吸收辐射能量并通过电离离子的作用可能会产生臭氧 ( $O_3$ ) 和氮氧化物 ( $NO_x$ )，它们是具有刺激性作用的非放射性有害气体。本项目 DSA 球管的管电压最大为 125kV，能量较低，电离空气能力弱，臭氧 ( $O_3$ ) 和氮氧化物 ( $NO_x$ ) 产生量将远低于标准要求，且医院拟在 DSA 导管室吊顶设置 1 个排风口和两个新风系统送风口，接通风管道 (风管尺寸为 320mm×200mm) 穿过机房北墙上方墙体，排风管线沿着水平方向穿墙而出，机房内采用 4mm 铅皮包裹，穿出墙体外的管线采用 3mm 铅皮包裹补偿防护，排风管线的防护措施满足机房屏蔽要求。排风使用机械排风机，风机排风量为 1000m<sup>3</sup>/h，保证机房换气次数不低于每小时 4 次，根据后续对臭氧浓度的计算，臭氧浓度远低于国家标准要求，经大气稀释后，对室内人员基本无影响；并在机房内设置空气消毒器，杀菌消毒。DSA 导管室产生的废气经该栋大楼排风系统在排风井统一收集后引至该楼楼顶经活性炭吸附后高于楼顶 3m 排放，排风口朝向的周边无居民区。本项目通风设计可以确保机房室内通风效果良好，符合国家相关标准的要求。

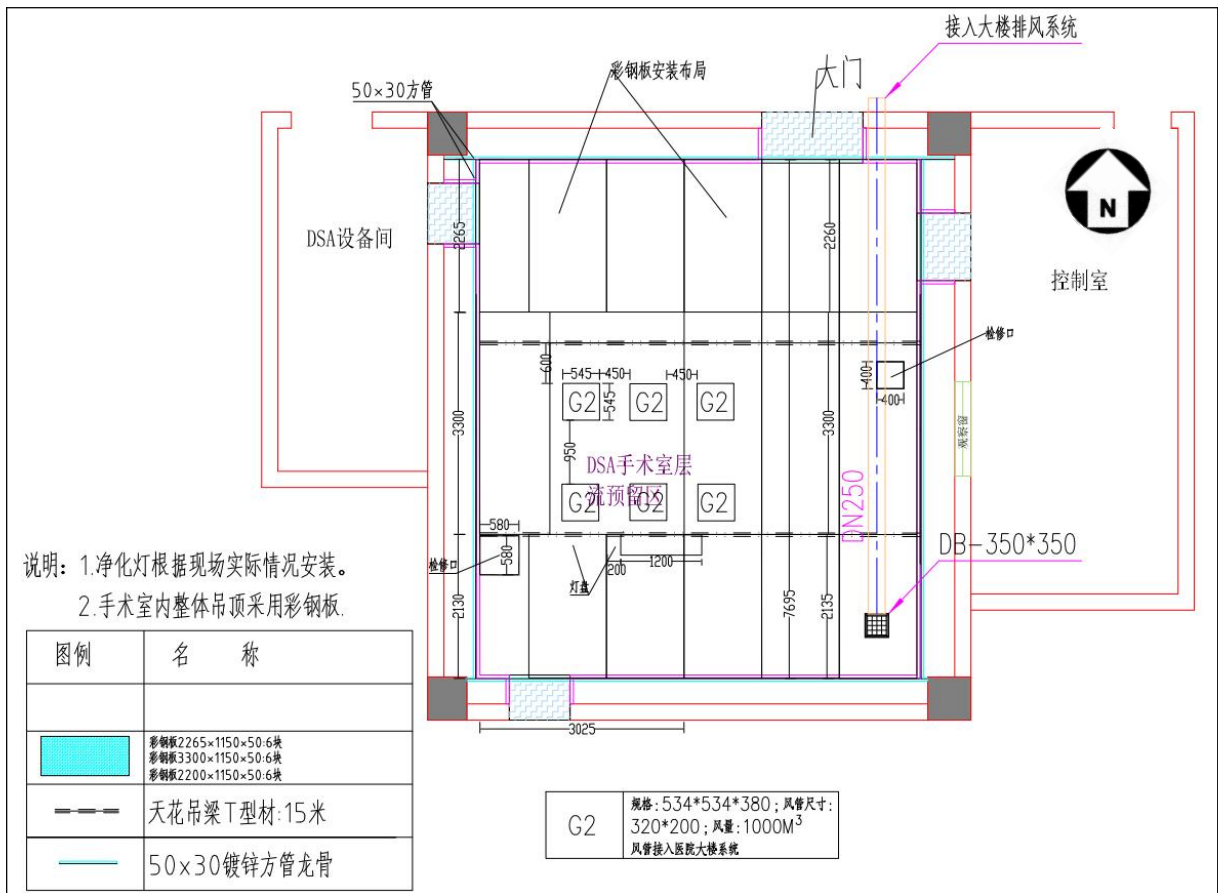


图 10-15 风管布设及穿墙示意图

### (3) 固体废弃物治理措施

①本项目 DSA 采用数字成像，无废胶片产生。

②介入手术时产生的医用器具和药棉、纱布、手套、废造影剂及瓶等医用辅料，采用专门的容器集中收集后，转移至医院专门的医废暂存间，委托具有医疗废物处置资质的单位处理。

③工作人员产生的生活垃圾不属于医疗废物，集中收集后交由环卫部门统一清运。工作人员产生的生活垃圾和办公垃圾不属于医疗废物，医院进行统一集中收集并交由环卫部门统一清运。

### (4) 噪声治理措施

本项目噪声源主要为通排风噪声，设备选用低噪声设备，噪声源强一般小于 60dB (A)，并设置隔声减振措施，经降噪措施及距离衰减作用，运行期间场界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB 12348-2008) 2 类标准要求。

### (5) 射线装置报废处理

本项目使用的 DSA 射线装置在进行报废处理时，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。

综上所述，DSA 导管室采取的污染防治措施均符合国家相关标准的要求。

#### 10.4 管线设计及穿墙位置屏蔽补偿

针对本项目 DSA 导管室的实际情况，设计单位将合理布置管线穿墙位置，将电缆管线在地面下铺设，避免主射线直接照射管线口，穿墙洞口位置采用 3mm 的不锈钢盖板进行覆盖，确保管线穿墙口位置的屏蔽厚度，满足整个机房屏蔽防护要求，电缆沟穿墙示意图见图 10-16。

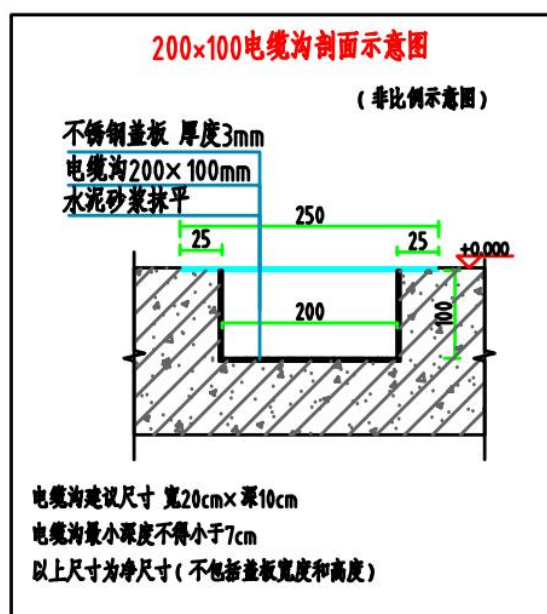


图 10-16 电缆管线穿墙示意图

医院应委托专业的施工单位进行 DSA 机房防护施工，严格施工管理，施工时需要特别注意机房墙体的缝隙、孔洞、管道、通风口、电缆地沟等可能产生局部泄漏的部位，在两种不同密度材料的搭接处，须确保任何一方向均有足够的屏蔽厚度。使用的屏蔽防护材料应向专业厂家购置，保证防护材料的质量，施工过程中保证墙面防护材料达到要求的铅当量。

#### 10.5 环保投资估算

本核技术应用项目总投资 1200 万元，环保投资 79.5 万元，占总投资的 6.63%。环保投

资估算详见表 10-11。

表 10-11 本项目辐射环保投资估算一览表

场所	类别	环保设施	金额（万元）
DSA 检查室	辐射屏蔽设施	(1) 四周墙体：轻钢龙骨+2mmPb 铅板+2mmPb 硫酸钡防护板（4mmPb）； (2) 顶棚：2cm 现浇混凝土+4mmPb 硫酸钡防护板（5.44mmPb）； (3) 地面：12cm 现浇混凝土表层增加 4mmPb 硫酸钡防护材料（5.59mmPb）； (4) 防护门（4 扇）：不锈钢门内衬 4mmPb 铅板，； (5) 观察窗：安装高密度铅玻璃，20mm（4mmPb）； (6) 管道穿墙口：在穿墙管道口采用 3mmPb 铅皮防护。	50
	安全装置	操作台和床体上“急停开关”装置 1 套	2
		对讲装置 1 套	0.2
		门灯联锁及工作状态指示灯 1 套	0.6
	个人防护用品	本项目辐射工作人员配防护铅当量均为 0.5mmPb 的铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜各 6 套，防护铅当量为 0.025mmPb 的介入防护手套 6 套；移动铅屏风 1 扇， 2mmPb	5
		成人患者配备铅橡胶颈套、铅橡胶围裙各 1 件，铅当量均为 0.5mmPb；儿童患者：儿童专用铅橡胶颈套、儿童专用铅橡胶围裙各 1 件，铅当量均为 0.5mmPb	
		铅悬挂防护屏（0.5mmPb）/铅防护吊帘（0.5mmPb）、床侧防护帘（0.5mmPb）/床侧防护屏（0.5mmPb）1 件	2
	个人剂量计	配备个人剂量计若干	2
	警示标示	警示标志若干	0.2
	通排风系统	动力通排风系统 1 套	2
医废处置	委托当地有医疗固废处置资质的单位处置	0.5	
其他	监测设备的维护	1 台 X-γ辐射剂量监测仪，监测仪器的维护、校准，安全设施的维护等	0.5
	人员培训	辐射工作人员、管理人员上岗培训	3
	个人剂量监测	全院辐射工作人员/每年	4
	职业健康检查	全院辐射工作人员/每 2 年	5.5
	辐射应急	辐射应急物资、人员培训、应急演练	2
合计			79.5

## 表 11 环境影响分析

### 11.1 建设阶段对环境的影响

木市大柳塔试验区人民医院拟新购一台DSA（125kV，1000mA）设备，设置在创伤急救大楼三层的1间经辐射防护工程改造后改建的1间DSA导管室内，用于影像诊断和介入治疗。本项目不新增建筑物，施工内容主要为墙体改造和防护装修以及DSA的安装调试等。

#### （1）水环境影响分析

本项目施工期会产生施工废水和生活污水。施工废水循环使用，不再进行分析。施工人员的生活污水产生量较小，经医院污水处理站预处理达标后，通过市政污水管网排出。

#### （2）大气环境影响分析

本项目施工过程中会产生扬尘，主要是装修过程中产生的扬尘。建设单位在施工期间的具体防治措施为：通过湿法作业，室内施工和外围设置围挡等方式，能尽量降低建筑粉尘对周围环境的影响，对项目周围大气环境影响较小。

#### （3）声环境影响分析

本项目施工期的噪声源主要是施工机械和设备的噪声，由于本项目施工范围小，施工作业较少，施工方式主要为人工施工，机械设备的使用量较少，同时项目施工噪声影响是暂时的，将随着施工期的结束而消失。施工期间，施工机械、设备的噪声时起时停，针对施工期产生的噪声，建设单位在施工期间的具体防治措施为：

合理安排施工进度和作业时间，对主要噪声设备采取相应的限时作业，避开午休时间，禁止在夜间施工；优先选择低噪音设备，并注意对施工机械的维修、保养，使其保持良好的运行状态；对施工人员进行文明施工教育，施工中不准大声喧哗；合理布局施工场地，避免在同一施工地点安排大量动力机械设备；设置临时声障。

经上述措施防治后，大大降低本项目施工过程中噪声对周围的影响，场界噪声可满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）标准的要求。因此，本项目施工期对周围声环境影响时间和强度均较小。

#### （4）固体废物影响分析

本项目施工期会产生建筑垃圾和生活垃圾。建筑垃圾定点堆放，医院将可回收利

用部分进行回收后，由施工单位外运至建筑垃圾堆放场。生活垃圾产生量不大，医院统一收集后，由当地环卫部门清运。

#### (5) 设备安装调试期间的环境影响分析

本项目设备的安装应请专业人员进行，医院方不得自行拆卸、安装设备，安装调试期间操作人员必须持证上岗并采取足够的个人防护措施。

在设备安装调试阶段，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在机房门外设立辐射警示标志，禁止无关人员靠近。人员离开时机房必须上锁。由于设备的安装和调试均在机房内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响较小。

综上所述，本项目施工期较短，施工范围和工程量较小，在医院的严格监督下，施工方遵守文明施工、合理施工的原则，做好各项环保措施，施工期对周围环境影响较小，施工结束后，项目施工期环境影响将随之消除。

## 11.2 实际运行阶段对环境的影响

本项目 DSA 位于创伤急救大楼三层拟建 DSA 机房内，本报告对 DSA 机房周围辐射环境影响采用理论计算模式预测的方法进行影响分析。根据医院提供资料，DSA 设备参数与工况、机房防护情况如表 11-1。

表 11-1 本项目 DSA 设备参数与工况及防护情况

设备		DSA		
技术参数		最大管电压 125kV/最大管电流 1000mA		
过滤材料		2.7mmAl		
最大照射野		38cm×38cm		
工况模式	摄影	常用工况下 最大常用电压 100kV 最大常用电流 500mA	发射率常数	0.09mGy/mA·s
	透视	常用工况下 最大常用电压 90kV 最大常用电流 15mA		0.075mGy/mA·s
泄漏辐射源强		离靶点 1m 处的泄漏辐射在空气中的比释动能率不超过 1mGy/h		
注：				

1. 医院已购置该 DSA 设备，根据厂家提供该设备的说明书，X 射线球管的总滤过为 2.7mmAl；

2. 参考李德平、潘自强主编的《辐射防护手册》第三分册—《辐射安全》（[M]北京：原子能出版社，1987）P58，图 3.1。查询可知，粗略分析对比，当 2.7mmAl 作为过滤材料时，管电压 100kV 情况下，发射率常数为 0.09 mGy/mA·s，DSA 离靶 1m 处空气中的空气比释动 0.09mGy/mAs，从而计算得摄影工况时距靶 1m 处空气比释动能为  $1.62 \times 10^8 \mu\text{Gy/h}$ 。管电压 90kV 情况下，DSA 离靶 1m 处空气中的空气比释动能为 0.075mGy/mAs，从而计算得透视工况时距靶 1m 处空气比释动能为  $4.05 \times 10^6 \mu\text{Gy/h}$ ；

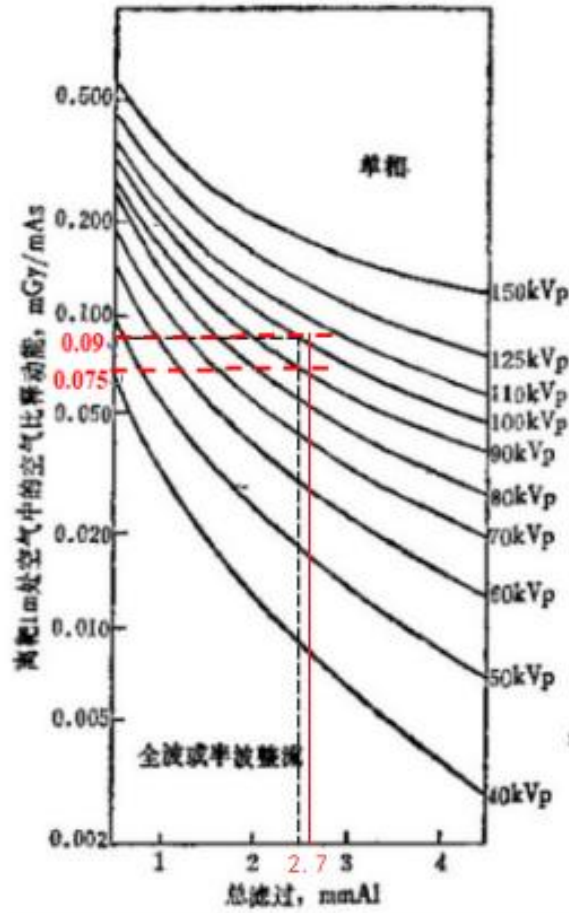


图 9-1 距 X 线源 1m 处的照射量率随管电压及总过滤厚度变化的情况

3. 参考国际放射防护委员会第 33 号出版物《医用外照射源的辐射防护》“（77）用于诊断目的的每一个 X 射线管必须封闭在管套内，以使得位于该套管内的 X 射线管在制造厂规定的每个额定值时，离焦点 1m 处所测得的泄漏辐射在空气中的比释动能不超过 1 mGy/h”。

根据《辐射防护导论》射线装置距靶 1m 处的空气比释动能率，按公式 11-1 计算：

$$\dot{K} = I \cdot \delta_x \frac{r_0^2}{r^2} \quad (\text{式 11-1})$$

式中：

$\dot{K}$  — 离靶  $r$  (m) 处由 X 射线机产生的初级 X 射线束造成的空气比释动能率，mGy/min；



$I$ —管电流 (mA) ;

$\delta_x$ —管电流为 1mA, 距靶 1m 处的发射率常数, mGy/(mA·min) ;

$r_0=1\text{m}$ ;

$r$ —源至关注点的距离, m。

**表11-2 DSA 不同运行模式下距靶1m 处空气比释动能率一览表**

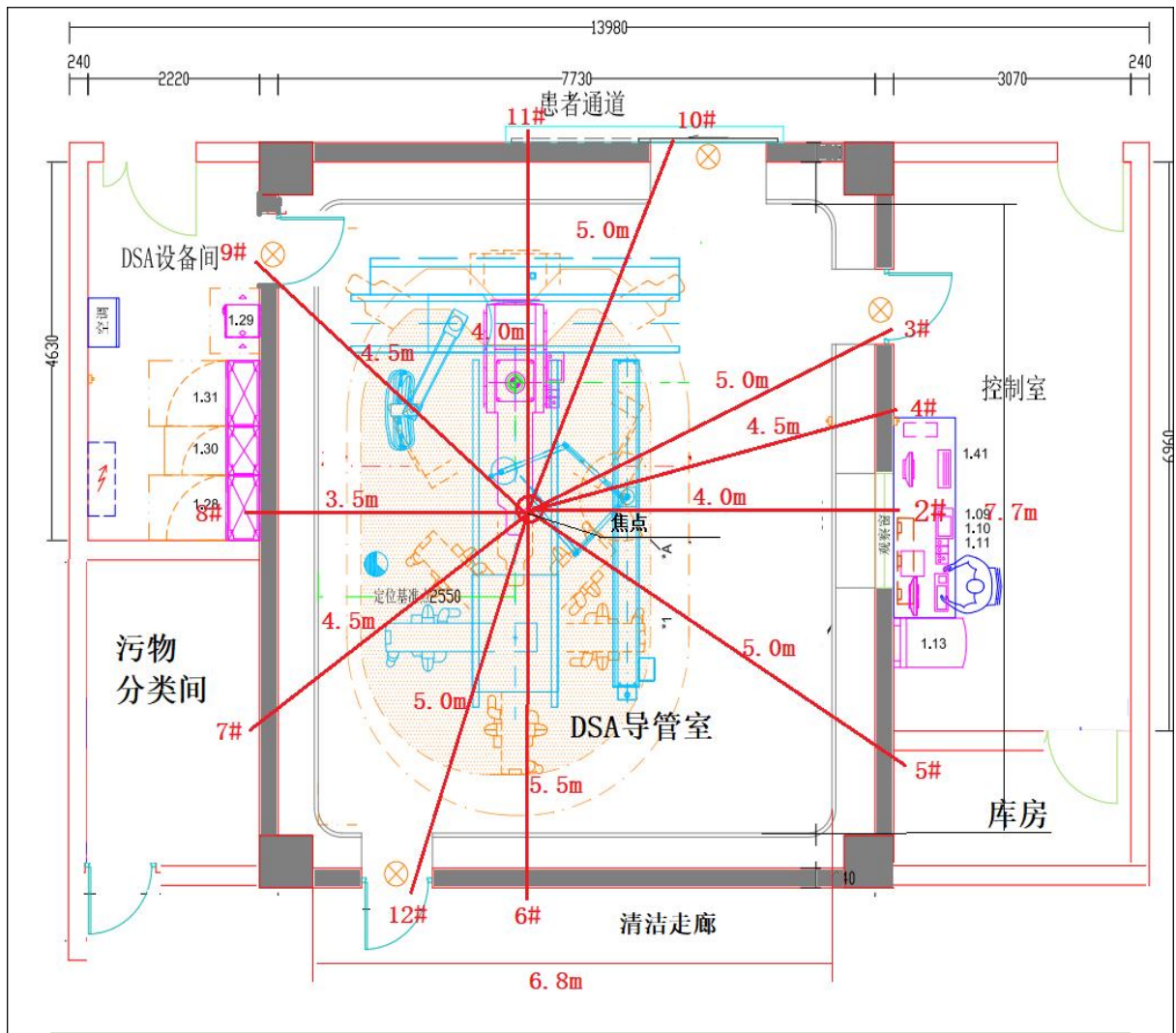
设备	运行模式	过滤材料(Al) 厚度 (mm)	距靶 1m 处的发射率常数 (mGy/mA·s )	最大常用电压 (kV)	最大常用电流 (mA)	距靶 1m 处的空气比释动能率 ( $\mu\text{Gy/h}$ )
DSA	摄影	2.5	0.09	100	500	$1.62 \times 10^8$
	透视	2.5	0.075	90	15	$4.05 \times 10^6$

取医生手术位、控制室操作位、防护墙外 30cm 处、铅防护门外 30cm 处、楼上离地 100cm 处为预测点位, 预测点位见图11-1和表 11-3。

**表11-3 本项目DSA机房预测关注点位**

预测点位		方位	距辐射源点(靶点)最近距离 (m)
1#术者位	第一术者位	机房内	0.5
	第一术者位(手部)	机房内	0.4
	第一术者位(眼晶体)	机房内	0.6
	第二术者位	机房内	0.9
2#控制室操作位		东侧	4.0
3#东侧控制室防护门外30cm处		东侧	5.0
4#东侧防护墙外 30cm 处(控制室)		东侧	4.5
5#东侧防护墙外 30cm 处(库房)		东侧	5.0
6#南侧防护墙外 30cm 处(清洁走廊)		南侧	5.5
7#西侧防护墙外 30cm 处(污物分类间)		西侧	4.5
8#西侧防护墙外 30cm 处(设备间)		西侧	3.5
9#西侧防护门外 30cm 处(设备间防护门)		西侧	4.2
10#北侧防护墙外 30cm 处(洁净走廊防护门)		北侧	5.0
11#北侧防护墙外30cm 处(洁净走廊)		北侧	4.0
12#南侧防护墙外30cm 处(清洁走廊防护门)		南侧	5.0
13#楼上离地 100cm 处(值班室)		上层	4.5
14#楼下离地 100cm 处(CCU病房和监护大厅)		下层	3.0

注: 以上各点位均按照与辐射源点(靶点)最近距离保守按与机房边界的最近距离考虑。



南北向剖面示意图

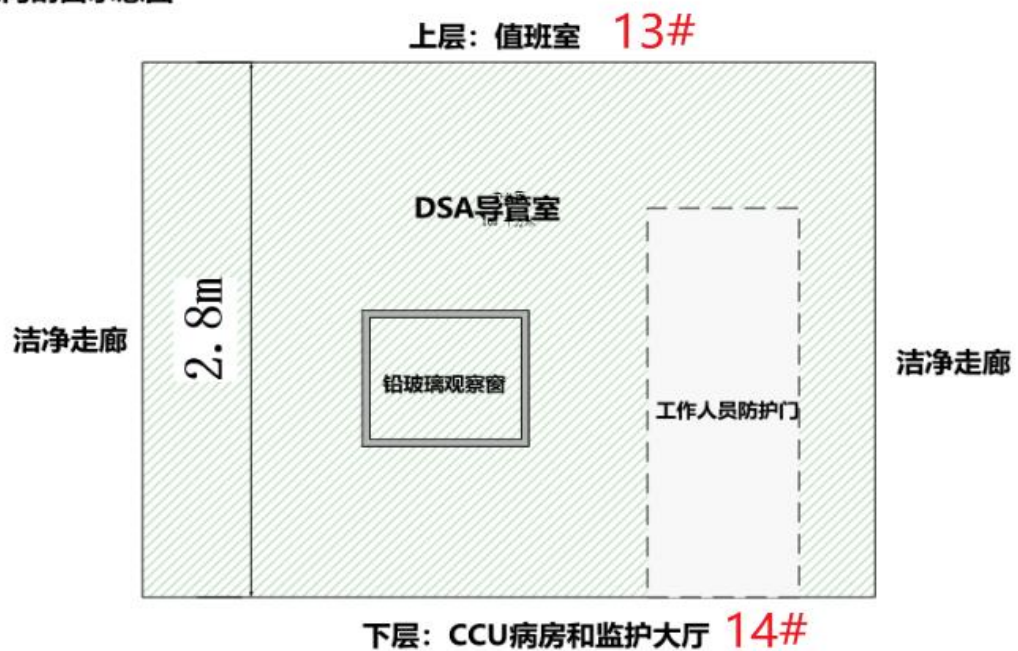


图11-1 本项目DSA导管室预测关注点位分布图

DSA图像增强器对X射线主束有屏蔽作用，NCRP147 号报告“Structural Shielding Design For Medical X-Ray Imaging Facilities”4.1.6节（Primary Barriers, P41~P45）及5.1节（Cardiac Angiography, P72）指出，DSA 屏蔽估算时不需要考虑主束照射。因此下述影响分析计算主要考虑泄漏和散射辐射对周围环境的影响。

以下公式根据李德平、潘自强主编《辐射防护手册》（第一分册—辐射源与屏蔽）中公式（10.8）、（10.9）、（10.10）等公式演化而来。

### ① 病人体表散射屏蔽估算

$$H_s = \frac{H_0 \cdot \alpha \cdot B \cdot (s/400)}{(d_0 \cdot d_s)^2} \quad (\text{式 11-2})$$

式中：

$H_s$ ----- 预测点处的散射剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

$H_0$ ----- 距靶 1m 处初级 X 射线束造成的空气比释动能率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

$\alpha$ ----- 患者对 X 射线的散射比；根据《辐射防护手册》（第一分册）表 10.1 查表取 0.0013；

$s$ ----- 散射面积， $\text{cm}^2$ ，取  $100\text{m}^2$ ；

$d_0$ ----- 源与病人的距离，m，取 1m；

$d_s$ ----- 病人与预测点的距离，m；

$B$ ----- 屏蔽透射因子，按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录C中公式和参数计算，公式计算同式10-1。其中： $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ ——屏蔽材料对100kV、90kV管电压X射线泄漏辐射衰减的有关的三个拟合参数，具体见表11-4。

表 11-4 铅对 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数

管电压	铅		
	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
100kV(主束)	2.5	15.28	0.7557
100kV(散射)	2.507	15.33	0.9124
90kV	3.067	18.83	0.7726

散射辐射各预测点屏蔽透射因子计算结果见表11.2-5和表11.2-6。

表11-5 100kV 摄影工况下散射辐射各预测点屏蔽透射因子计算结果

预测点位	防护情况	屏蔽厚度	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$B$
2#控制室操作位	4.0mmPb铅玻璃	4.0mmPb	2.507	15.33	0.9124	$5.14 \times 10^{-6}$
3#东侧控制室防护门外30cm处	4.0mmPb防护门	4.0mmPb	2.507	15.33	0.9124	$5.14 \times 10^{-6}$
4#东侧防护墙外30cm处（控制室）	轻钢龙骨+2mmPb 铅板+2mmPb硫酸 钡防护板	4.0mmPb	2.507	15.33	0.9124	$5.14 \times 10^{-6}$
5#东侧防护墙外30cm处（库房）	轻钢龙骨+2mmPb 铅板+2mmPb硫酸 钡防护板	4.0mmPb	2.507	15.33	0.9124	$5.14 \times 10^{-6}$
6#南侧防护墙外 30cm处（污物通道）	轻钢龙骨+2mmPb 铅板+2mmPb硫酸 钡防护板	4.0mmPb	2.507	15.33	0.9124	$5.14 \times 10^{-6}$
7#西侧防护墙外 30cm处（污物分类间）	轻钢龙骨+2mmPb 铅板+2mmPb硫酸 钡防护板	4.0mmPb	2.507	15.33	0.9124	$5.14 \times 10^{-6}$
8#西侧防护墙外 30cm处（设备间）	轻钢龙骨+2mmPb 铅板+2mmPb硫酸 钡防护板	4.0mmPb	2.507	15.33	0.9124	$5.14 \times 10^{-6}$
9#西侧防护门外 30cm处（设备间防护门）	4.0mmPb防护门	4.0mmPb	2.507	15.33	0.9124	$5.14 \times 10^{-6}$
10#北侧防护墙外30cm处（洁净走廊）	轻钢龙骨+2mmPb 铅板+2mmPb硫酸 钡防护板	4.0mmPb	2.507	15.33	0.9124	$5.14 \times 10^{-6}$
11#北侧防护墙外30cm处（洁净走廊防护门）	4.0mmPb防护门	4.0mmPb	2.507	15.33	0.9124	$5.14 \times 10^{-6}$
12#南侧防护墙外30cm处（清洁走廊防护门）	4.0mmPb防护门	4.0mmPb	2.507	15.33	0.9124	$5.14 \times 10^{-6}$
13#楼上离地 100cm处（值班室）	12cm现浇混凝土 +4mmPb硫酸钡防 护板	5.44mmPb	2.507	15.33	0.9124	$1.39 \times 10^{-7}$
14#楼下离地 100cm处（CCU病房和监护大	12cm现浇混凝土 +4mmPb硫酸钡防	5.59mmPb	2.507	15.33	0.9124	$9.54 \times 10^{-8}$

厅)	护涂料					
----	-----	--	--	--	--	--

表 11-6 90kV 透视工况下散射辐射各预测点屏蔽透射因子计算结果

预测点位	防护情况	屏蔽厚度	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$B$
1#第一术者位 (身体铅衣内)	0.5mmPb 铅衣 +0.5mmPb 铅屏风	1.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	$4.08 \times 10^{-3}$
1#第一术者位 (身体铅衣外)	0.5mmPb 铅屏风	0.5mmPb	3.067	18.83	0.7726	$2.52 \times 10^{-2}$
1#第一术者位 (手部)	0.025mmPb 铅手套 +0.5mmPb 防护帘	0.525mmPb	3.067	18.83	0.7726	$2.27 \times 10^{-2}$
1#第一术者位 (眼晶体)	0.025mmPb 铅手 套+0.5mmPb 防护 帘	0.525mmPb	3.067	18.83	0.7726	$2.27 \times 10^{-2}$
1#第二术者位	0.5mm铅衣 +0.5mmPb 铅屏风	1.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	$4.08 \times 10^{-3}$
2#控制室操作位	4.0mmPb铅玻璃	4.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.69 \times 10^{-7}$
3#东侧控制室防护门 外30cm处	4.0mmPb防护门	4.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.69 \times 10^{-7}$
4#东侧防护墙外30cm 处(控制室)	轻钢龙骨+2mmPb 铅板+2mmPb硫酸 钡防护板	4.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.69 \times 10^{-7}$
5#东侧防护墙外 30cm 处(库房)	轻钢龙骨+2mmPb 铅板+2mmPb硫酸 钡防护板	4.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.69 \times 10^{-7}$
6#南侧防护墙外 30cm 处(污物通道)	轻钢龙骨+2mmPb 铅板+2mmPb硫酸 钡防护板	4.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.69 \times 10^{-7}$
7#西侧防护墙外 30cm 处(污物分类间)	轻钢龙骨+2mmPb 铅板+2mmPb硫酸 钡防护板	4.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.69 \times 10^{-7}$
8#西侧防护墙外 30cm 处(设备间)	轻钢龙骨+2mmPb 铅板+2mmPb硫酸 钡防护板	4.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.69 \times 10^{-7}$

9#西侧防护门外 30cm处 (设备间防护门)	4.0mmPb防护门	4.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.69 \times 10^{-7}$
10#北侧防护墙外30cm处 (洁净走廊)	轻钢龙骨+2mmPb 铅板+2mmPb硫酸 钡防护板	4.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.69 \times 10^{-7}$
11#北侧防护墙外30cm处 (洁净走廊防护门)	4.0mmPb防护门	4.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.69 \times 10^{-7}$
12#南侧防护墙外30cm处 (清洁走廊防护门)	4.0mmPb防护门	4.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.69 \times 10^{-7}$
13#楼上离地 100cm处 (值班室)	12cm现浇混凝土 +4mmPb硫酸钡防 护板	5.44mmPb	3.067	18.83	0.7726	$4.46 \times 10^{-9}$
14#楼下离地 100cm处 (CCU病房和监护大厅)	12cm现浇混凝土 +4mmPb硫酸钡防 护涂料	5.59mmPb	3.067	18.83	0.7726	$2.81 \times 10^{-9}$

各预测点位散射辐射剂量计算参数及结果见表11-7。

表 11-7 各预测点散射辐射剂量率计算参数及结果

工作模式	关注点位置描述	$H_0$	$\alpha$	$s$	$d_0$	$d_s$	$B$	$H_s$
		$\mu\text{Gy/h}$	/	$\text{cm}^2$	m	m	/	$\mu\text{Gy/h}$
摄影	2#控制室操作位	$1.62 \times 10^8$	0.0013	100	1	4.0	$5.14 \times 10^{-6}$	$1.69 \times 10^{-2}$
	3#东侧控制室防护门外30cm处	$1.62 \times 10^8$	0.0013	100	1	5.0	$5.14 \times 10^{-6}$	$1.08 \times 10^{-2}$
	4#东侧防护墙外30cm处 (控制室)	$1.62 \times 10^8$	0.0013	100	1	4.5	$5.14 \times 10^{-6}$	$1.33 \times 10^{-2}$
	5#东侧防护墙外 30cm处 (库房)	$1.62 \times 10^8$	0.0013	100	1	5.0	$5.14 \times 10^{-6}$	$1.08 \times 10^{-2}$
	6#南侧防护墙外 30cm处 (污物通道)	$1.62 \times 10^8$	0.0013	100	1	5.5	$5.14 \times 10^{-6}$	$8.95 \times 10^{-3}$
	7#西侧防护墙外 30cm处 (污物分类间)	$1.62 \times 10^8$	0.0013	100	1	4.5	$5.14 \times 10^{-6}$	$1.33 \times 10^{-2}$
	8#西侧防护墙外 30cm处 (设备间)	$1.62 \times 10^8$	0.0013	100	1	3.5	$5.14 \times 10^{-6}$	$2.2 \times 10^{-2}$
	9#西侧防护门外 30cm处 (设备间防护门)	$1.62 \times 10^8$	0.0013	100	1	4.2	$5.14 \times 10^{-6}$	$1.53 \times 10^{-2}$
	10#北侧防护墙外30cm处 (洁净走廊)	$1.62 \times 10^8$	0.0013	100	1	5.0	$5.14 \times 10^{-6}$	$1.08 \times 10^{-2}$

	11#北侧防护墙外30cm处（洁净走廊防护门）	$1.62 \times 10^8$	0.0013	100	1	4.0	$5.14 \times 10^{-6}$	$1.69 \times 10^{-2}$
	12#南侧防护墙外30cm处（清洁走廊防护门）	$1.62 \times 10^8$	0.0013	100	1	5.0	$5.14 \times 10^{-6}$	$1.08 \times 10^{-2}$
	13#楼上离地 100cm处（值班室）	$1.62 \times 10^8$	0.0013	100	1	4.5	$1.39 \times 10^{-7}$	$3.61 \times 10^{-4}$
	14#楼下离地 100cm处（CCU病房和监护大厅）	$1.62 \times 10^8$	0.0013	100	1	3.0	$9.54 \times 10^{-8}$	$5.58 \times 10^{-4}$
透视	1#第一术者位（身体铅衣内）	$4.05 \times 10^6$	0.0013	100	1	0.5	$4.08 \times 10^{-3}$	21.5
	1#第一术者位（身体铅衣外）	$4.05 \times 10^6$	0.0013	100	1	0.5	$2.52 \times 10^{-2}$	132
	1#第一术者位（手部）	$4.05 \times 10^6$	0.0013	100	1	0.4	$2.27 \times 10^{-2}$	187
	1# 第一术者位（眼晶体）	$4.05 \times 10^6$	0.0013	100	1	0.6	$2.27 \times 10^{-2}$	83.0
	1#第二术者位	$4.05 \times 10^6$	0.0013	100	1	0.9	$4.08 \times 10^{-3}$	6.62
	2#控制室操作位	$4.05 \times 10^6$	0.0013	100	1	4.0	$3.69 \times 10^{-7}$	$3.04 \times 10^{-5}$
	3#东侧控制室防护门外30cm处	$4.05 \times 10^6$	0.0013	100	1	5.0	$3.69 \times 10^{-7}$	$1.94 \times 10^{-5}$
	4#东侧防护墙外30cm处（控制室）	$4.05 \times 10^6$	0.0013	100	1	4.5	$3.69 \times 10^{-7}$	$2.40 \times 10^{-5}$
	5#东侧防护墙外 30cm处（库房）	$4.05 \times 10^6$	0.0013	100	1	5.0	$3.69 \times 10^{-7}$	$1.94 \times 10^{-5}$
	6#南侧防护墙外 30cm处（污物通道）	$4.05 \times 10^6$	0.0013	100	1	5.5	$3.69 \times 10^{-7}$	$1.61 \times 10^{-5}$
	7#西侧防护墙外 30cm处（污物分类间）	$4.05 \times 10^6$	0.0013	100	1	4.5	$3.69 \times 10^{-7}$	$2.40 \times 10^{-5}$
	8#西侧防护墙外 30cm处（设备间）	$4.05 \times 10^6$	0.0013	100	1	3.5	$3.69 \times 10^{-7}$	$3.97 \times 10^{-5}$
	9#西侧防护门外 30cm处（设备间防护门）	$4.05 \times 10^6$	0.0013	100	1	4.2	$3.69 \times 10^{-7}$	$2.75 \times 10^{-5}$
	10#北侧防护墙外30cm处（洁净走廊）	$4.05 \times 10^6$	0.0013	100	1	5.0	$3.69 \times 10^{-7}$	$1.94 \times 10^{-5}$
11#北侧防护墙外30cm处（洁净走廊防护门）	$4.05 \times 10^6$	0.0013	100	1	4.0	$3.69 \times 10^{-7}$	$3.04 \times 10^{-5}$	
12#南侧防护墙外30cm处（清洁走廊防护门）	$4.05 \times 10^6$	0.0013	100	1	5.0	$3.69 \times 10^{-7}$	$1.94 \times 10^{-5}$	

13#楼上离地 100cm 处（值班室）	$4.05 \times 10^6$	0.0013	100	1	4.5	$4.46 \times 10^{-9}$	$2.89 \times 10^{-7}$
14#楼下离地 100cm 处（CCU病房和监护大 厅）	$4.05 \times 10^6$	0.0013	100	1	3.0	$2.81 \times 10^{-9}$	$4.11 \times 10^{-7}$

## ② 泄漏辐射剂量估算

泄漏辐射剂量率利用点源辐射进行计算，各预测点的泄漏辐射剂量率可用式 11-3 进行计算。

$$H_L = \frac{H_0 \cdot B}{d^2} \quad (\text{式 11-3})$$

式中：

$H_L$ —预测点处的泄漏辐射剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

$H_0$ —距靶 1m 处的泄漏辐射在空气中的比释动能率， $\mu\text{Gy/h}$ ，本项目取  $1\text{mGy/h}$ ；

$d$ —靶点距关注点的距离，m；

$B$ —屏蔽透射因子，按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C 中公式和参数计算，公式计算同式 10-1。

泄漏辐射各预测点屏蔽透射因子计算结果见表 11-8、表 11-9。

**表 11-8 100kV 摄影工况下泄漏辐射各预测点屏蔽透射因子计算结果**

预测点位	防护情况	屏蔽厚度	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$B$
2#控制室操作位	4.0mmPb铅玻璃	4.0mmPb	2.5	15.28	0.7557	$3.39 \times 10^{-6}$
3#东侧控制室防护门外 30cm处	4.0mmPb防护门	4.0mmPb	2.5	15.28	0.7557	$3.39 \times 10^{-6}$
4#东侧防护墙外30cm 处（控制室）	轻钢龙骨+2mmPb 铅板+2mmPb硫酸 钡防护板	4.0mmPb	2.5	15.28	0.7557	$3.39 \times 10^{-6}$
5#东侧防护墙外 30cm 处（库房）	轻钢龙骨+2mmPb 铅板+2mmPb硫酸 钡防护板	4.0mmPb	2.5	15.28	0.7557	$3.39 \times 10^{-6}$
6#南侧防护墙外 30cm 处（污物通道）	轻钢龙骨+2mmPb 铅板+2mmPb硫酸 钡防护板	4.0mmPb	2.5	15.28	0.7557	$3.39 \times 10^{-6}$
7#西侧防护墙外 30cm 处（污物分类间）	轻钢龙骨+2mmPb	4.0mmPb	2.5	15.28	0.7557	$3.39 \times 10^{-6}$



	铅板+2mmPb硫酸钡防护板					
8#西侧防护墙外 30cm处 (设备间)	轻钢龙骨+2mmPb 铅板+2mmPb硫酸钡防护板	4.0mmPb	2.5	15.28	0.7557	$3.39 \times 10^{-6}$
9#西侧防护门外 30cm处 (设备间防护门)	4.0mmPb防护门	4.0mmPb	2.5	15.28	0.7557	$3.39 \times 10^{-6}$
10#北侧防护墙外30cm处 (洁净走廊)	轻钢龙骨+2mmPb 铅板+2mmPb硫酸钡防护板	4.0mmPb	2.5	15.28	0.7557	$3.39 \times 10^{-6}$
11#北侧防护墙外30cm处 (洁净走廊防护门)	4.0mmPb防护门	4.0mmPb	2.5	15.28	0.7557	$3.39 \times 10^{-6}$
12#南侧防护墙外30cm处 (清洁走廊防护门)	4.0mmPb防护门	4.0mmPb	2.5	15.28	0.7557	$3.39 \times 10^{-6}$
13#楼上离地 100cm处 (值班室)	12cm现浇混凝土 +4mmPb硫酸钡防护板	5.44mmPb	2.5	15.28	0.7557	$9.25 \times 10^{-8}$
14#楼下离地 100cm处 (CCU病房和监护大厅)	12cm现浇混凝土 +4mmPb硫酸钡防护涂料	5.59mmPb	2.5	15.28	0.7557	$6.36 \times 10^{-8}$

**表11-9 90kV 透视工况下泄漏辐射各预测点屏蔽透射因子计算结果**

预测点位	防护情况	屏蔽厚度	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$B$
1#第一术者位 (身体铅衣内)	0.5mmPb 铅衣 +0.5mmPb 铅屏风	1.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	$4.08 \times 10^{-3}$
1#第一术者位 (身体铅衣外)	0.5mmPb 铅屏风	0.5mmPb	3.067	18.83	0.7726	$2.52 \times 10^{-2}$
1#第一术者位 (手部)	0.025mmPb 铅手套 +0.5mmPb 铅护帘	0.525mmPb	3.067	18.83	0.7726	$2.27 \times 10^{-2}$
1#第一术者位 (眼晶体)	0.025mmPb 铅手套 +0.5mmPb 铅护帘	0.525mmPb	3.067	18.83	0.7726	$2.27 \times 10^{-2}$
1#第二术者位	0.5mm 铅衣 +0.5mmPb 铅屏风	1.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	$4.08 \times 10^{-3}$
2#控制室操作位	4.0mmPb铅玻璃	4.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.69 \times 10^{-7}$
3#东侧控制室防护门外30cm处	4.0mmPb防护门	4.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.69 \times 10^{-7}$

4#东侧防护墙外30cm处（控制室）	轻钢龙骨+2mmPb铅板+2mmPb硫酸钡防护板	4.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.69 \times 10^{-7}$
5#东侧防护墙外 30cm处（库房）	轻钢龙骨+2mmPb铅板+2mmPb硫酸钡防护板	4.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.69 \times 10^{-7}$
6#南侧防护墙外 30cm处（污物通道）	轻钢龙骨+2mmPb铅板+2mmPb硫酸钡防护板	4.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.69 \times 10^{-7}$
7#西侧防护墙外 30cm处（污物分类间）	轻钢龙骨+2mmPb铅板+2mmPb硫酸钡防护板	4.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.69 \times 10^{-7}$
8#西侧防护墙外 30cm处（设备间）	轻钢龙骨+2mmPb铅板+2mmPb硫酸钡防护板	4.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.69 \times 10^{-7}$
9#西侧防护门外 30cm处（设备间防护门）	4.0mmPb防护门	4.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.69 \times 10^{-7}$
10#北侧防护墙外30cm处（洁净走廊）	轻钢龙骨+2mmPb铅板+2mmPb硫酸钡防护板	4.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.69 \times 10^{-7}$
11#北侧防护墙外30cm处（洁净走廊防护门）	4.0mmPb防护门	4.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.69 \times 10^{-7}$
12#南侧防护墙外30cm处（清洁走廊防护门）	4.0mmPb防护门	4.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	$3.69 \times 10^{-7}$
13#楼上离地 100cm处（值班室）	12cm现浇混凝土+4mmPb硫酸钡防护板	5.44mmPb	3.067	18.83	0.7726	$4.46 \times 10^{-9}$
14#楼下离地 100cm处（CCU病房和监护大厅）	12cm现浇混凝土+4mmPb硫酸钡防护涂料	5.59mmPb	3.067	18.83	0.7726	$2.81 \times 10^{-9}$

各预测点位泄漏辐射剂量计算参数及结果见下表11-10。

表11-10 各预测点泄漏辐射剂量率计算参数及结果

工作模式	关注点位置描述	$H_0$	$d$	$B$	$HL$
		$\mu\text{Gy/h}$	m	/	$\mu\text{Gy/h}$
摄影	2#控制室操作位	$1 \times 10^3$	4.0	$3.39 \times 10^{-6}$	$2.12 \times 10^{-4}$
	3#东侧控制室防护门外30cm处	$1 \times 10^3$	5.0	$3.39 \times 10^{-6}$	$1.36 \times 10^{-4}$
	4#东侧防护墙外30cm处(控制室)	$1 \times 10^3$	4.5	$3.39 \times 10^{-6}$	$1.67 \times 10^{-4}$
	5#东侧防护墙外30cm处(库房)	$1 \times 10^3$	5.0	$3.39 \times 10^{-6}$	$1.35 \times 10^{-4}$
	6#南侧防护墙外30cm处(污物通道)	$1 \times 10^3$	5.5	$3.39 \times 10^{-6}$	$1.12 \times 10^{-4}$
	7#西侧防护墙外30cm处(污物分类间)	$1 \times 10^3$	4.5	$3.39 \times 10^{-6}$	$1.67 \times 10^{-4}$
	8#西侧防护墙外30cm处(设备间)	$1 \times 10^3$	3.5	$3.39 \times 10^{-6}$	$2.68 \times 10^{-4}$
	9#西侧防护门外30cm处(设备间防护门)	$1 \times 10^3$	4.2	$3.39 \times 10^{-6}$	$1.92 \times 10^{-4}$
	10#北侧防护墙外30cm处(洁净走廊)	$1 \times 10^3$	5.0	$3.39 \times 10^{-6}$	$1.36 \times 10^{-4}$
	11#北侧防护墙外30cm处(洁净走廊防护门)	$1 \times 10^3$	4.0	$3.39 \times 10^{-6}$	$2.12 \times 10^{-4}$
	12#南侧防护墙外30cm处(清洁走廊防护门)	$1 \times 10^3$	5.0	$3.39 \times 10^{-6}$	$1.36 \times 10^{-4}$
	13#楼上离地100cm处(值班室)	$1 \times 10^3$	4.5	$9.25 \times 10^{-8}$	$4.57 \times 10^{-6}$
	14#楼下离地100cm处(CCU病房和监护大厅)	$1 \times 10^3$	3.0	$6.36 \times 10^{-8}$	$7.06 \times 10^{-6}$
	透视	1#第一术者位(身体铅衣内)	$1 \times 10^3$	0.5	$4.08 \times 10^{-3}$
1#第一术者位(身体铅衣外)		$1 \times 10^3$	0.5	$2.52 \times 10^{-2}$	101
1#第一术者位(手部)		$1 \times 10^3$	0.4	$2.27 \times 10^{-2}$	142
1#第一术者位(眼晶体)		$1 \times 10^3$	0.6	$2.27 \times 10^{-2}$	63.0
1#第二术者位		$1 \times 10^3$	0.9	$4.08 \times 10^{-3}$	5.03
2#控制室操作位		$1 \times 10^3$	4.0	$3.69 \times 10^{-7}$	$2.31 \times 10^{-5}$
3#东侧控制室防护门外30cm处		$1 \times 10^3$	5.0	$3.69 \times 10^{-7}$	$1.48 \times 10^{-8}$
4#东侧防护墙外30cm处(控制室)		$1 \times 10^3$	4.5	$3.69 \times 10^{-7}$	$1.82 \times 10^{-5}$
5#东侧防护墙外30cm处(库房)		$1 \times 10^3$	5.0	$3.69 \times 10^{-7}$	$1.48 \times 10^{-8}$
6#南侧防护墙外30cm处(污物通道)		$1 \times 10^3$	5.5	$3.69 \times 10^{-7}$	$1.22 \times 10^{-5}$
7#西侧防护墙外30cm处(污物分类间)	$1 \times 10^3$	4.5	$3.69 \times 10^{-7}$	$1.82 \times 10^{-5}$	
8#西侧防护墙外30cm处(设备间)	$1 \times 10^3$	3.5	$3.69 \times 10^{-7}$	$3.19 \times 10^{-5}$	

9#西侧防护门外 30cm 处（设备间防护门）	$1 \times 10^3$	4.2	$3.69 \times 10^{-7}$	$2.09 \times 10^{-5}$
10#北侧防护墙外30cm 处（洁净走廊）	$1 \times 10^3$	5.0	$3.69 \times 10^{-7}$	$1.48 \times 10^{-8}$
11#北侧防护墙外30cm 处（洁净走廊防护门）	$1 \times 10^3$	4.0	$3.69 \times 10^{-7}$	$2.31 \times 10^{-5}$
12#南侧防护墙外30cm 处（清洁走廊防护门）	$1 \times 10^3$	5.0	$3.69 \times 10^{-7}$	$1.48 \times 10^{-8}$
13#楼上离地 100cm 处（值班室）	$1 \times 10^3$	4.5	$4.46 \times 10^{-9}$	$2.20 \times 10^{-7}$
14#楼下离地 100cm 处（CCU病房和监护大厅）	$1 \times 10^3$	3.0	$2.81 \times 10^{-9}$	$3.12 \times 10^{-7}$

### ③漏射和散射总辐射剂量率估算

根据表11-7 和表11-10 的计算结果，将各个预测点的总辐射剂量率统计于下表11-11。

表11-11 各个预测点的总辐射剂量率

场所	工作模式	关注点位置描述	散射辐射剂量率	泄漏辐射剂量率	总辐射剂量率
			$\mu\text{Gy/h}$	$\mu\text{Gy/h}$	$\mu\text{Gy/h}$
DSA 导管室	摄影	2#控制室操作位	$1.69 \times 10^{-2}$	$2.12 \times 10^{-4}$	$1.71 \times 10^{-2}$
		3#东侧控制室防护门外30cm处	$1.08 \times 10^{-2}$	$1.36 \times 10^{-4}$	$1.09 \times 10^{-2}$
		4#东侧防护墙外30cm 处（控制室）	$1.33 \times 10^{-2}$	$1.67 \times 10^{-4}$	$1.35 \times 10^{-2}$
		5#东侧防护墙外 30cm 处（库房）	$1.08 \times 10^{-2}$	$1.35 \times 10^{-4}$	$1.09 \times 10^{-2}$
		6#南侧防护墙外 30cm 处（污物通道）	$8.95 \times 10^{-3}$	$1.12 \times 10^{-4}$	$9.06 \times 10^{-3}$
		7#西侧防护墙外 30cm 处（污物分类间）	$1.33 \times 10^{-2}$	$1.67 \times 10^{-4}$	$1.35 \times 10^{-2}$
		8#西侧防护墙外 30cm 处（设备间）	$2.2 \times 10^{-2}$	$2.68 \times 10^{-4}$	$2.23 \times 10^{-2}$
		9#西侧防护门外 30cm 处（设备间防护门）	$1.53 \times 10^{-2}$	$1.92 \times 10^{-4}$	$1.55 \times 10^{-2}$
		10#北侧防护墙外30cm 处（洁净走廊）	$1.08 \times 10^{-2}$	$1.36 \times 10^{-4}$	$1.09 \times 10^{-2}$
		11#北侧防护墙外30cm 处（洁净走廊防护门）	$1.69 \times 10^{-2}$	$2.12 \times 10^{-4}$	$1.71 \times 10^{-2}$
		12#南侧防护墙外30cm 处（清洁走廊防护门）	$1.08 \times 10^{-2}$	$1.36 \times 10^{-4}$	$1.09 \times 10^{-2}$

透视	13#楼上离地 100cm 处 (值班室)	$3.61 \times 10^{-4}$	$4.57 \times 10^{-6}$	$3.66 \times 10^{-4}$
	14#楼下离地 100cm 处 (CCU病房和监护大厅)	$5.58 \times 10^{-4}$	$7.06 \times 10^{-6}$	$5.65 \times 10^{-4}$
	1#第一术者位 (身体铅衣内)	21.5	16.3	37.8
	1#第一术者位 (身体铅衣外)	132	101	233
	1#第一术者位 (手部)	187	142	329
	1#第一术者位 (眼晶体)	83.0	63.0	146
	1#第二术者位	6.62	5.03	11.7
	2#控制室操作位	$3.04 \times 10^{-5}$	$2.31 \times 10^{-5}$	$5.35 \times 10^{-5}$
	3#东侧控制室防护门外30cm处	$1.94 \times 10^{-5}$	$1.48 \times 10^{-8}$	$1.94 \times 10^{-5}$
	4#东侧防护墙外30cm 处 (控制室)	$2.40 \times 10^{-5}$	$1.82 \times 10^{-5}$	$4.22 \times 10^{-5}$
	5#东侧防护墙外 30cm 处 (库房)	$1.94 \times 10^{-5}$	$1.48 \times 10^{-8}$	$1.94 \times 10^{-5}$
	6#南侧防护墙外 30cm 处 (污物通道)	$1.61 \times 10^{-5}$	$1.22 \times 10^{-5}$	$2.83 \times 10^{-5}$
	7#西侧防护墙外 30cm 处 (污物分类间)	$2.40 \times 10^{-5}$	$1.82 \times 10^{-5}$	$4.22 \times 10^{-5}$
	8#西侧防护墙外 30cm 处 (设备间)	$3.97 \times 10^{-5}$	$3.19 \times 10^{-5}$	$7.16 \times 10^{-5}$
	9#西侧防护门外 30cm 处 (设备间防护门)	$2.75 \times 10^{-5}$	$2.09 \times 10^{-5}$	$4.84 \times 10^{-5}$
	10#北侧防护墙外30cm 处 (洁净走廊 )	$1.94 \times 10^{-5}$	$1.48 \times 10^{-8}$	$1.94 \times 10^{-5}$
	11#北侧防护墙外30cm 处 (洁净走廊防护门)	$3.04 \times 10^{-5}$	$2.31 \times 10^{-5}$	$5.35 \times 10^{-5}$
	12#南侧防护墙外30cm 处 (清洁走廊防护门)	$1.94 \times 10^{-5}$	$1.48 \times 10^{-8}$	$1.94 \times 10^{-5}$
	13#楼上离地 100cm 处 (值班室)	$2.89 \times 10^{-7}$	$2.20 \times 10^{-7}$	$5.09 \times 10^{-7}$
	14#楼下离地 100cm 处 (CCU病房和监护大厅)	$4.11 \times 10^{-7}$	$3.12 \times 10^{-7}$	$7.23 \times 10^{-7}$

由表11-11计算结果可知：DSA透视时，第一术者位（身体铅衣内）辐射剂量率为37.8 $\mu$ Gy/h，第一术者位（身体铅衣外）辐射剂量率为233 $\mu$ Gy/h，第一术者位（手部）辐射剂量率为329 $\mu$ Gy/h，第一术者位（眼晶体）辐射剂量率为146 $\mu$ Gy/h，第二术者位辐射剂量率为11.7 $\mu$ Gy/h，控制室操作位的辐射剂量率为5.35 $\times 10^{-5}$  $\mu$ Gy/h，机房周边辐射

剂量率最大为 $7.16 \times 10^{-5} \mu\text{Gy/h}$ 。摄影时，控制室操作位的辐射剂量率为 $1.71 \times 10^{-2} \mu\text{Gy/h}$ ，机房周边辐射剂量率最大为 $2.23 \times 10^{-2} \mu\text{Gy/h}$ 。

综上，本项目DSA在正常运行情况下，机房外控制室、四周防护墙外、楼上及防护门外的辐射剂量率均能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中规定的屏蔽体外表面30cm处剂量率不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 的管控限值水平（剂量换算系数，Sv/Gy取）。

## （2）工作人员及公众个人剂量估算

DSA摄影曝光时，除存在临床不可接受的情况外工作人员均回到控制室进行操作，DSA透视曝光时，医师在手术间内近台操作，护士和技师通常不在手术间内（或位于移动铅防护屏风后），因此，该项目主要考虑透视模式下近台操作医师的受照剂量（不考虑摄影模式下近台操作医师的受照剂量）。

根据联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）--2000年报告附录A公式以及居留因子的选取，对各点位处公众及职业人员的年有效剂量进行计算。

$$H_1 = H_0 \cdot T \cdot t \cdot l \cdot 10^{-3} \quad (\text{式 11-4})$$

式中： $H_1$ —X射线外照射有效剂量当量，mSv；

$H_0$ —X射线束造成的空气比释动能率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

$T$ —居留因子；

$t$ —X射线年照射时间，h/a；

$l$ —剂量换算系数，Sv/Gy 取 1。

根据医院提供资料显示，本项目DSA年摄影出束时间为5h，年透视出束时间为146.67h。摄影时，对于机房外公众及控制室工作人员年照射时间均保守按年总摄影时长5h计算；透视时，对于机房外公众及控制室工作人员年照射时间均保守按年总透视时长146.67h计算，对于机房内介入医师年照射时间分别按单个医生预计最大的透视时间计算，具体为神经中心医师41.67h，心血管内科医师50h，放射科医师5h。

本项目的居留因子参照《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）选取，具体数值见表11-12。

表11-12 居留因子的选取

场所	居留因子 (T)		停留位置
	典型值	范围	
全停留	1	1	管理人员或职员办公室、治疗计划区、治疗操作间、护士站、咨询台、有人护理的候诊室及周边建筑物中的驻留区
部分停留	1/4	1/2-1/5	1/2: 相邻的治疗室、与屏蔽室相邻的病人检查室 1/5: 走廊、雇员休息室、职员休息室
偶然停留	1/16	1/8-1/40	1/8: 各治疗室房门 1/20: 公厕、自动售货区、储藏室、设有座椅的户外区域、无人护理的候诊室、病人滞留区域、屋顶、门岗室 1/40: 仅有来往行人车辆的户外区域、无人看管的停车场, 车辆自动卸货/卸客区域、楼梯、无人看管的电梯

计算结果详见表11-13。

表11-13 职业人员及公众年有效剂量估算结果

场所	工作模式	关注点位置描述	总辐射剂量率H <sub>0</sub>	年工作 时间t	居留因子 T	年有效剂量 H <sub>1</sub>	涉及人员 类型
			μGy/h	h	/	mSv	
DSA 导管室	摄影	2#控制室操作位	1.71×10 <sup>-2</sup>	5	1	8.55×10 <sup>-5</sup>	职业人员
		3#东侧控制室防护门外30cm处	1.09×10 <sup>-2</sup>	5	1	5.45×10 <sup>-5</sup>	职业人员
		4#东侧防护墙外30cm处(控制室)	1.35×10 <sup>-2</sup>	5	1	6.75×10 <sup>-5</sup>	职业人员
		5#东侧防护墙外30cm处(库房)	1.09×10 <sup>-2</sup>	5	1/4	1.36×10 <sup>-5</sup>	公众人员
		6#南侧防护墙外30cm处(污物通道)	9.06×10 <sup>-3</sup>	5	1/4	1.13×10 <sup>-5</sup>	公众人员
		7#西侧防护墙外30cm处(污物分类间)	1.35×10 <sup>-2</sup>	5	1/4	1.68×10 <sup>-5</sup>	公众人员
		8#西侧防护墙外30cm处(设备间)	2.23×10 <sup>-2</sup>	5	1/4	2.78×10 <sup>-5</sup>	公众人员
		9#西侧防护门外30cm处(设备间防护门)	1.55×10 <sup>-2</sup>	5	1/4	2.27×10 <sup>-5</sup>	公众人员
		10#北侧防护墙外30cm处(洁净走廊)	1.09×10 <sup>-2</sup>	5	1/4	1.36×10 <sup>-5</sup>	公众人员
		11#北侧防护墙外30cm	1.71×10 <sup>-2</sup>	5	1/4	2.13×10 <sup>-5</sup>	公众人员

	处（洁净走廊防护门）					
	12#南侧防护墙外30cm处（清洁走廊防护门）	$1.09 \times 10^{-2}$	5	1/4	$1.36 \times 10^{-5}$	公众人员
	13#楼上离地 100cm 处（值班室）	$3.66 \times 10^{-4}$	5	1/4	$4.57 \times 10^{-7}$	公众人员
	14#楼下离地 100cm 处（CCU病房和监护大厅）	$5.65 \times 10^{-4}$	5	1	$2.82 \times 10^{-6}$	公众人员
透视	2#控制室操作位	$5.35 \times 10^{-5}$	146.67	1	$7.85 \times 10^{-6}$	职业人员
	3#东侧控制室防护门外30cm处	$1.94 \times 10^{-5}$	146.67	1	$2.85 \times 10^{-6}$	职业人员
	4#东侧防护墙外30cm处（控制室）	$4.22 \times 10^{-5}$	146.67	1	$6.19 \times 10^{-6}$	职业人员
	5#东侧防护墙外 30cm处（库房）	$1.94 \times 10^{-5}$	146.67	1/4	$7.11 \times 10^{-7}$	公众人员
	6#南侧防护墙外 30cm处（污物通道）	$2.83 \times 10^{-5}$	146.67	1/4	$1.03 \times 10^{-6}$	公众人员
	7#西侧防护墙外 30cm处（污物分类间）	$4.22 \times 10^{-5}$	146.67	1/4	$1.54 \times 10^{-6}$	公众人员
	8#西侧防护墙外 30cm处（设备间）	$7.16 \times 10^{-5}$	146.67	1/4	$2.62 \times 10^{-6}$	公众人员
	9#西侧防护门外 30cm处（设备间防护门）	$4.84 \times 10^{-5}$	146.67	1/4	$1.77 \times 10^{-6}$	公众人员
	10#北侧防护墙外30cm处（洁净走廊）	$1.94 \times 10^{-5}$	146.67	1/4	$7.11 \times 10^{-7}$	公众人员
	11#北侧防护墙外30cm处（洁净走廊防护门）	$5.35 \times 10^{-5}$	146.67	1/4	$1.96 \times 10^{-6}$	公众人员
	12#南侧防护墙外30cm处（清洁走廊防护门）	$1.94 \times 10^{-5}$	146.67	1/4	$7.11 \times 10^{-7}$	公众人员
	13#楼上离地 100cm 处（值班室）	$5.09 \times 10^{-7}$	146.67	1/4	$1.86 \times 10^{-8}$	公众人员
	14#楼下离地 100cm 处（CCU病房和监护大厅）	$7.23 \times 10^{-7}$	146.67	1	$1.06 \times 10^{-7}$	公众人员

各预测点位年有效剂量估算结果汇总于表11-14。

**表11-14 职业人员及公众年有效剂量估算结果**

场所	关注点位置描述	摄影	透视	年有效剂量	人员类型
----	---------	----	----	-------	------



	mSv	mSv	mSv	
2#控制室操作位	$8.55 \times 10^{-5}$	$7.85 \times 10^{-6}$	$9.33 \times 10^{-5}$	职业人员
3#东侧控制室防护门外30cm处	$5.45 \times 10^{-5}$	$2.85 \times 10^{-6}$	$5.73 \times 10^{-5}$	职业人员
4#东侧防护墙外30cm处(控制室)	$6.75 \times 10^{-5}$	$6.19 \times 10^{-6}$	$7.37 \times 10^{-5}$	职业人员
5#东侧防护墙外 30cm 处(库房)	$1.36 \times 10^{-5}$	$7.11 \times 10^{-7}$	$1.43 \times 10^{-5}$	公众人员
6#南侧防护墙外 30cm 处(污物通道)	$1.13 \times 10^{-5}$	$1.03 \times 10^{-6}$	$1.23 \times 10^{-5}$	公众人员
7#西侧防护墙外 30cm 处(污物分类间)	$1.68 \times 10^{-5}$	$1.54 \times 10^{-6}$	$1.80 \times 10^{-5}$	公众人员
8#西侧防护墙外 30cm 处(设备间)	$2.78 \times 10^{-5}$	$2.62 \times 10^{-6}$	$3.04 \times 10^{-5}$	公众人员
9#西侧防护门外 30cm 处(设备间防护门)	$2.27 \times 10^{-5}$	$1.77 \times 10^{-6}$	$2.45 \times 10^{-5}$	公众人员
10#北侧防护墙外30cm处(洁净走廊)	$1.36 \times 10^{-5}$	$7.11 \times 10^{-7}$	$1.43 \times 10^{-5}$	公众人员
11#北侧防护墙外30cm处(洁净走廊防护门)	$2.13 \times 10^{-5}$	$1.96 \times 10^{-6}$	$2.33 \times 10^{-5}$	公众人员
12#南侧防护墙外30cm处(清洁走廊防护门)	$1.36 \times 10^{-5}$	$7.11 \times 10^{-7}$	$1.43 \times 10^{-5}$	公众人员
13#楼上离地 100cm 处(值班室)	$4.57 \times 10^{-7}$	$1.86 \times 10^{-8}$	$4.75 \times 10^{-7}$	公众人员
14#楼下离地 100cm 处(CCU病房和监护大厅)	$2.82 \times 10^{-6}$	$1.06 \times 10^{-7}$	$2.92 \times 10^{-6}$	公众人员

(1) 介入手术医师年有效剂量估算:

根据《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)中对于介入手术医师和护士穿戴铅围裙估算有效剂量的计算方法,采用公式11-5进行估算。

$$E = \alpha H_u + \beta H_o \quad (11-5)$$

式中:

$E$ ——有效剂量中的外照射分量，单位：mSv；

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

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

$H_u$ ——铅围裙内佩戴的个人剂量计测得的  $H_p(10)$ ，单位：mSv；

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

年有效剂量估算结果见表11-15。

**表 11-15 介入手术医师年有效剂量估算结果**

位置	时间	铅衣内剂量率	铅衣外剂量率	$\alpha$	$\beta$	单人年有效剂量 mSv/a
神经中心医师 第一术者位	41.67h	37.8 $\mu$ Sv/h	233 $\mu$ Sv/h	0.79	0.051	1.74
心血管科医师 第一术者位	50h					2.08
放射科医师 第一术者位	5h					0.21

### (2) DSA 近台同室操作护士的剂量估算

该建设项目 DSA 介入手术需要医师和护士协同配合完成手术，属于近台同室操作，医院为护士配备 2mmPb 铅当量移动式铅防护屏风（移动铅屏风主要用于护士，为护士提供足够的屏蔽防护，手术过程中护士担任辅助工作，护士须根据手术进展情况，随时调整灯光，准确及时供应术中所需用物，密切观察病情变化，保证输液输血通畅，充分估计可能发生的意外，做好急救准备，主动配合抢救等），本报告按照 1 名辐射工作人员在移动铅屏风后近台同室操作时的年剂量进行估算，估算结果如下：

依据《放射防护实用手册》第 6.4 章计算屏蔽厚度的基本方法，参考 NCRP147 号报告中给出的拟合参数值：

$$X = \frac{1}{\alpha\gamma} \ln \left[ \frac{\left( \frac{NTK_{sec}^1}{Pd_{sec}^2} \right)^\gamma + \frac{\beta}{\alpha}}{1 + \frac{\beta}{\alpha}} \right]$$

其中：

$X$ —屏蔽材料的屏障厚度，取移动铅屏风厚度  $X=2\text{mmPb}$ ；

$N$ —每周接受 X 射线检查的患者数目，取  $N=10$  人/周；

$T$ —居留因子，取  $T=1$ ；

$K_{sec}^1$ —距患者中心 1 米处每名患者的未屏蔽的次级辐射空气比释动能 (mGy)，查表得  $K_{sec}^1=3.2\times 10^{-1}$ ；

$P$ —周屏蔽设计目标值 (mSv/周)；

$d_{sec}$ —在次级屏障背后某一参考点距次级辐射源之间的距离 (米)，取  $d_{sec}=1.0$ ；

$\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ —拟合参数，查表得  $\alpha=2.322$ ， $\beta=1.291\times 10^1$ ， $\gamma=7.575\times 10^{-1}$ 。

代入上述数据后，可计算出工作人员的周屏蔽设计目标值  $P=2.66\times 10^{-3}\text{mSv/周}$ 。

则辐射工作人员(护士)进行近台同室操作 DSA 时的年有效剂量为  $1.33\times 10^{-1}\text{mSv/a}$ 。

由计算可得知，在透视模式预期的最大工作量下，DSA 近台同室操作的辐射工作人员(护士)可能受到的年有效剂量未超过医院为该建设项目辐射工作人员制定的年剂量管理目标值和剂量限值。

手术医生在 DSA 导管室内进行介入手术时，会穿铅衣并戴铅眼镜、铅围脖等防护用品，但是仍然有部分佩服暴露在射线下受到照射，在手术过程中，手术医生腕部距离射线最近，因 X 射线随距离的增加呈现衰减趋势，故以手术医生腕部剂量估算结果进行核算医护人员皮肤照射年有效剂量的估算。

### (3) 工作人员手部剂量估算

根据《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》(GBZ/T244-2017)和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)，有辐射场空气比释动能率信息时，皮肤吸收剂量用下式进行估算：

$$D_S = C_{KS} (\dot{k} \cdot t) \cdot 10^{-3} \quad (11-6)$$

$$H = D_S \cdot W_R \quad (11-7)$$

式中：

$D_S$ ：皮肤吸收剂量（mGy）；

$C_{KS}$ ：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.5，保守取 0.07MeV~0.15MeV 中最大值1.156；

$\dot{k}$ ：X、 $\gamma$  辐射场的空气比释动能率（ $\mu\text{Gy/h}$ ），为 329 $\mu\text{Gy/h}$ ；

$t$ ：人员累积受照时间，h，单个医生最大年受照时间为 83.34h；

$H$ ：关注点的当量剂量，mSv；

$W_R$ ：辐射权重因数，X 射线取 1。

根据式 11-6 和 11-7 计算得医生腕部皮肤受到的有效剂量当量为31.7mSv/a，满足本项目辐射工作人员手部当量剂量不高于125mSv/a 的管理约束值要求。

#### （4）工作人员眼晶体剂量估算

根据《电离辐射所致眼晶状体剂量估算方法》（GBZ/T301-2017）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），有辐射场空气比释动能率信息时，眼晶状体吸收剂量用下式进行估算：

$$D_L = C_{KL} (\dot{k} \cdot t) \cdot 10^{-3} \quad (11-8)$$

$$H = D_L W_R \quad (11-9)$$

式中：

$D_S$ ：眼晶状体吸收剂量，mGy；

$C_{KS}$ ：—空气比释动能到眼晶状体吸收剂量的转换系数，mGy/mGy，根据《电离辐射所致眼晶状体剂量估算方法》（GBZ/T301-2017）表 A.4，保守取 0.07MeV~0.15MeV中的最大值1.55；

$\dot{k}$ ：X、 $\gamma$  辐射场的空气比释动能率（ $\mu\text{Gy/h}$ ），为146 $\mu\text{Gy/h}$ ；

$t$ ：人员累积受照时间，h，单个医生最大年受照时间为83.34h；

$H$ ：关注点的当量剂量，mSv；

$W_R$ : 辐射权重因数, X射线取 1。

根据式11-8和11-9计算得医生眼晶体受到的有效剂量当量为18.9mSv/a, 满足本项目辐射工作人员眼晶体当量剂量不高于37.5mSv/a的管理约束值要求。

由上述计算结果可知: 本项目DSA在正常运行时, 机房内辐射工作人员中神经中心医师年有效剂量估算结果为1.74mSv/a, 心血管内科医师年有效剂量估算结果为2.08mSv/a, 放射科医师的年有效剂量估算结果为0.21mSv/a, 护士的年有效剂量估算结果为 $1.33 \times 10^{-1}$ mSv/a, DSA机房控制室内职业人员受照的最大有效剂量为 $1.10 \times 10^{-4}$ mSv/a, 均低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)对职业人员要求的剂量限值20mSv/a和本项目职业照射剂量约束值5mSv/a的要求; 医生手部受照的有效剂量当量为31.7mSv/a, 低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)对职业人员四肢要求的剂量限值500mSv/a和本项目剂量约束值125mSv/a的要求; 医生眼晶体受照的有效剂量当量为18.9mSv/a, 低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)对职业人员眼晶体的剂量限值150mSv/a和本项目剂量约束值37.5mSv/a的要求。

DSA导管室周围公众人员受照的有效剂量最大为 $3.59 \times 10^{-5}$ mSv/a, 低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)对公众要求的剂量限值1mSv/a和本项目公众照射剂量约束值0.1mSv/a的要求。由此说明, 本项目DSA机房的防护设计满足要求, 其正常运行后产生的辐射影响在标准允许的范围以内。

上述估算仅是理论推算, 实际应用时, 工作人员的受照剂量应以佩戴的个人剂量计检测结果为准。

#### (5) DSA 运营期臭氧影响分析

DSA导管室设置动力通排风系统, 通排风量为 $1000\text{m}^3/\text{h}$ , 换气次数5次/h。DSA导管室内空气中氧受X射线电离而产生臭氧, 臭氧其产率和浓度可用下面公式分别计算。

$$Q_o = 6.5 \times 10^{-3} G \cdot S_o \cdot R \cdot g \quad (\text{式11-10})$$

式中:

$Q_o$ —臭氧产率 mg/h;

G—射束在距离源点 1m 处的剂量率 $Gy.m^2/h$ ，本项目DSA取270；

So—射束在距离源点1m处的照射面积  $m^2$ ，取（最大射野 $10\times 10cm^2$ ） $0.01m^2$ ；

R—射束径迹长度m，取1m；

g—空气每吸收 100eV 辐射能量产生 $O^3$  的分子数，本项目取 10。

经计算，臭氧产率为  $1.76\times 10^{-1}mg/h$ 。

室内臭氧饱和浓度由下式计算：

$$C=Q_0T_v/V \quad (\text{式11-11})$$

式中：

C—室内臭氧浓度， $mg/m^3$ ； $Q_0$ —臭氧产率  $mg/h$ ；

$T_v$ —臭气有效清除时间，h；

V—治疗室空间体积，DSA导管室约为 $143m^3$ 。

$$T_v = \frac{t_v \cdot t_a}{t_v + t_a} \quad (\text{式 11-12})$$

式中：

$t_v$ —每次换气间，0.2h；

$t_a$ —臭氧分解时间，取值为 0.83h。

经上述计算得 DSA 导管室内臭气平衡浓度约为  $1.98\times 10^{-4}mg/m^3$ ，满足臭氧室内浓度限值《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》(GBZ2.1-2019) 中“臭氧最高容许浓度  $0.3mg/m^3$ ”的要求。因此，本项目产生的臭氧经通排风系统收集后最终引至该大楼楼顶排放，排风口距地距离约为 3m，经自然分解后，可达标排放，对周围环境影响较小。

### 11.3 辐射事故分析

射线装置仅在运行时产生 X 射线，停机后射线就会消失，故只有在开机状态下，射线装置产生的 X 射线才会贯穿屏蔽设施进入外环境，从而带来一定的辐射影响。项目运行中存在潜在危险和风险事故，本次评价对其进行分析和预测，说明项目运营中可能发生的事故或突发事件对人身安全和环境的损害和影响程度，提出行之有效的防范及应急措施，以避免事故发生、减少事故损失，使其对环境的影响达到可接受的水

平。

### 11.3.1 辐射事故风险识别

本项目为“使用II类射线装置”核技术应用项目，营运中存在着风险和潜在危害及事故隐患。

#### (1) 事故等级

根据《放射源同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令 第 449 号），辐射事故从重到轻分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级，见表 11-16。

表 11-16 国务院令 第 449 号辐射事故等级分级一览表

事故等级	危害结果
特别重大辐射事故	射线装置失控导致3人以上（含3人）急性死亡。
重大辐射事故	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。
较大辐射事故	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。
一般辐射事故	导致人员受到超过年剂量限值的照射。

根据《实用辐射安全手册》（第二版）（丛慧玲，北京：原子能出版社）急性放射病的发生率以及急性放射病的死亡率与辐射剂量的关系，见表 11-17。

表 11-17 急性放射病的发生率、死亡率与辐射剂量的关系

辐射剂量 /Gy	急性放射病发生率%	辐射剂量 /Gy	死亡率%
0.70	1	2.00	1
0.90	10	2.50	10
1.00	20	2.80	20
1.05	30	3.00	30
1.10	40	3.20	40
1.20	50	3.50	50
1.25	60	3.60	60
1.35	70	3.75	70
1.40	80	4.00	80
1.60	90	4.50	90
2.00	99	5.50	99

(2) 源项分析

参考国内外类似项目运营中的资料及国内相关场所的实际考查，现将项目运营中可能出现概率较大或后果较严重的事故分列如表 11-18。

**表 11-18 本项目射线装置的环境风险因子、潜在危害**

装置名称	环境风险因子	可能发生辐射事故的意外条件
DSA—II类射线装置	X射线	①装置在运行时，由于门灯连锁系统失效，人员误入或滞留在机房内而造成误照射；工作人员或病人家属还未全部撤离治疗机房，操作间人员启动设备，造成滞留人员的误照射。 ②维修射线装置时，维修人员受意外照射。

**11.3.2 事故工况下辐射影响分析**

(1) 装置在运行时，由于门灯连锁系统失效，人员误入或滞留在机房内而造成误照射。

**剂量估算：**

本项目 DSA 主束方向由下往上，因此人员在主束方向直接照射概率极小。在上述条件下，该误入人员所受剂量主要来自病人体表的散射辐射和设备泄漏辐射。根据上文，透视模式下距病人体表 1m 处的散射辐射剂量率为  $1.32 \times 10^3 \mu\text{Gy/h}$ 。DSA 距靶点 1m 处的泄漏辐射在空气中的比释动能率不超过  $1 \times 10^3 \mu\text{Gy/h}$ （本次计算保守取最大值  $1 \times 10^3 \mu\text{Gy/h}$ ），故距靶 1m 处的剂量率为  $2.32 \times 10^3 \mu\text{Gy/h}$ 。

**表 11-19 非主射方向不同距离不同受照时间所致人员剂量 单位：mGy**

受照时间 \ 距离	0.5min	1min	2min	5min	10min
0.5m	0.08	0.15	0.31	0.77	1.55
1m	0.02	0.04	0.08	0.19	0.39

采用本项目 DSA 的透视工况（电压为 90kV，电流为 15mA）进行估算，透视工况距靶点 1m 处的最大剂量率为  $4.05 \times 10^6 \mu\text{Gy/h}$ ，以此来计算不同照射时间、不同照射距离下主束方向人员受照剂量。本项目 DSA 主束方向向上，因此人员在主束方向直接照射概率极小，DSA 机房治疗床设置有急停开关，主束线照射时间一般不会超过 1min。

**表 11-20 主射方向不同距离不同受照时间所致人员剂量 单位：Gy**

受照时间 \ 距离	0.5min	1min
0.5m		
1m		



0.5m	0.14	0.27
1m	0.03	0.07
2m	0.01	0.02

**事故情景假设 1:**

①装置在运行时，由于门灯联锁系统失效，人员误入或滞留在机房内而造成误照射；工作人员或病人家属还未全部撤离治疗机房，操作间人员启动设备，造成滞留人员的误照射。

②假定该人员在距靶 1m 处停留时间为 10min，未穿戴铅衣、配套铅手套和铅防护眼镜等个人防护用品。

根据上述条件对照上表11-19，得出术中误照人员受照剂量约为0.39mGy/人·次。

**事故后果:**

在上述事故情景假设条件下，受X射线源误照人员年剂量已超过年剂量限值，属于一般辐射事故。

**事故情景假设 1:**

①设备维护人员在维护 DSA 射线管或测量探测器时，射线管正处于出束状态；

②DSA 上的指示灯和声音装置均失效；

③维护人员位于距靶 1m 处，停留时间 1min，未穿戴铅衣、配套铅手套和铅防护眼镜等个人防护用品。

**剂量估算:**

根据上述条件，对照上表 11-20，得出维护人员受照剂量为 0.07Gy/人·次。事故后果:

在上述事故情景假设条件下，受 X 射线源误照人员年剂量已超过年剂量限值，属于一般辐射事故。

**11.4.3辐射事故防范措施和应急预案**

**11.4.3.1辐射事故防范措施**

辐射安全必须依靠必要的体制和管理，良好的设施和完整的工作制度等。引起意外（或事故）的不安全因素有两大类：一类是物的不安全因素，另一类是人的不安全行为。从我国多年内所发生的放射事故来看，人为因素造成的责任事故占事故总数的80%以上。责任事故主要由管理不善、领导失职、安全观念淡漠引起。建设单位应从

加强管理和提高安全意识两方面促进辐射防护工作，通过宣传培训等手段，提高安全文化素质，增强辐射防护意识，使辐射工作人员自觉服从管理，主动采取防护措施，控制不安全行为，预防辐射意外（或事故）的发生。建设单位需完善以下辐射事故防范措施：

（1）各级领导需把辐射防护工作放到重要议事日程，制定严格的管理制度，安排操作人员接受安全防护教育和培训。定期组织相关辐射防护知识培训学习，告知相关人员辐射危害。

（2）辐射安全工作领导小组应对本单位的应急组织人员、救护计划和方法、救护器材和设备以及联络方式进行明确布置和安排，并在统一部署下定期组织演练，一旦事故发生时可立即执行。

（3）操作人员需持证上岗，确保岗位责任制度的落实，严肃查处违规作业。

（4）必须严格按照操作规程，正确操作仪器，对违规和粗疏管理的行为必须及时纠正。

（5）为有效地控制操作人员接受辐射的累积剂量，确保剂量不超过规定的剂量限值，操作人员在工作时必须佩戴便携式个人剂量计和个人剂量报警仪。

（6）加强职工安全和辐射防护知识的教育，并定期进行考核。对操作人员建立健康档案，定期进行体检，并对健康档案进行终身保存。

（7）全体工作人员必须时刻保持高度警惕，平时练为战的思想，认真学习、掌握各项技能，做好随时应对重大事故的思想准备。

（8）每日做好设备运行记录，认真填写设备维护记录表。任何人对设备部件进行更换、升级等操作时，都必须上报主管领导，得到回复后，方可进行，操作后详细填写故障处理联络单。

（9）加强辐射安全管理，严格落实使用时需两人在场管理体制。

#### **11.4.3.2辐射事故应急预案**

##### **（1）事故报告程序**

一旦发生辐射事故，建设单位应立即采取措施防止事故继续发生和蔓延而扩大危害范围，并在第一时间向领导小组报告，同时启动应急指挥系统，具体程序如下：

##### **①迅速报告**

发生事故的科室必须立即将发生事故的性质、时间、地点、科室名称、联系人、

电话等报告给辐射事故应急领导小组办公室，办公室立即将情况向放射事故应急领导指挥中心汇报，并做好准备。辐射事故应急领导小组办公室必须在 2 小时内将有关信息报告区环保、公安、卫生等部门。

#### ②现场控制

现场处置小组接到事故发生报告后，立即赶赴现场，首先采取措施保护工作人员和公众的生命安全，保护环境不受污染，最大限度控制事态发展；负责现场警戒，划定紧急隔离区，不让无关人员进入，保护好现场；迅速、准确判断事件性质，将事故情况报告应急指挥中心。

#### ③启动应急系统

辐射事故应急指挥中心接到现场报告后，立即启动应急指挥系统，指挥其他各应急小组迅速赶赴现场，开展工作；后勤保障组同时进行物资准备。

#### ④现场报告

根据现场情况，由本单位应急指挥中心将事故发生时间、地点、造成事故的及射线装置的名称、危害程度和范围等主要情况报告环保局、卫生局、公安局等相关部门以及上级行政主管部门。

⑤现场处置等待相关部门到达现场的同时，采取相应措施，使危害、损失降到最小。若是发生射线装置失控导致大剂量射线误照，应立即进行现场救助，采取措施，使人员损伤、环境污染降到最小，组织人力将受照人员送往医院病区，并同时请辐射检测机构进行检测。

若是射线装置丢失、被盗，可以组织人力在单位内进行排查，并将射线装置的名称、状态、特性、危害等进行通告，广泛引起本院职工与公众的重视，最大限度降低危害。

#### ⑥查找事故原因

配合上级有关部门对现场进行勘查以及环保安全技术处理，检测等工作，查找事故发生的原因，进行调查处理。将事故处理结果及时报上级卫生行政主管部门。

#### ⑦应急响应终止条件

⑧警报解除总结经验教训，制定或修改防范措施，加强日常环境安全管理，杜绝类似事故发生。

### (2) 辐射事故应急措施

当发生误照射事故时，应采取以下措施：①立刻停止作业；②启动应急预案；③对受照人员进行相应的医疗救助；将事故情况上报当地环保主管部门、卫生部门，公安部门。

(3) 辐射事故应急救援预案要求事故应急救援预案需满足如下要求：

①制定有针对性的辐射事故应急预案，事故应急预案的内容需包括有效的组织结构、通畅的通信联络系统、事故报告程序、事故处理及监测、应急车辆等。需满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(第 449号令)中对辐射事故应急预案的要求；

②辐射事故应急救援预案应当包括以下内容：应急机构和职责分工；应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；辐射事故分级应急响应措施；辐射事故调查、报告和处理程序；

③定期组织相关会议，总结辐射工作经验，深化事故分析，提高辐射事故处理能力；

④定期组织演练，提高应对辐射事故的软实力；

⑤根据国家有关部门出台的制度和及时更新辐射事故应急预案，及时明确项目所在地环保部门、公安部门、卫生部门联系方式。

一旦事故发生，除了上述工作外，还应进行以下几项工作：

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根据现场辐射强度，确定工作人员在现场处置的工作时间；

③现场处置任务的工作人员应佩带防护用具及个人剂量计和剂量报警仪；

④应尽可能记录下现场有关情况，对工作人员可能受到的事故照射剂量，可针对事故实际情况进行评估，并对工作人员进行健康检查和跟踪，按照国家有关放射卫生防护标准和规范以及相关程序，评估事故对工作人员健康的影响；

⑤事故处理后，必须组织有关人员进行讨论，分析事故发生的原因，从中吸取经验和教训，必须采取措施防止类似事故再次发生。

## 表 12 辐射安全管理

### 12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《关于修改〈放射性同位素与射线装置安全许可管理办法〉的决定》（环境保护部 2008 第 3 号令）的相关规定，使用 I、II、III 类放射源，I、II 类射线装置的工作场所，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。

医院已开展放射诊疗工作多年，已建立一套较为完善的辐射防护管理体系，包括成立了辐射安全与环境保护管理组织和应急管理组织，设置了辐射防护兼职管理人员；针对现有的设备和辐射工作场所制定了辐射监测计划和相关的辐射防护管理制度，并加以落实；制定了辐射工作人员职业健康管理制度，定期组织辐射工作人员进行辐射防护的相关法律法规知识培训、职业健康检查和接受个人剂量监测。

#### 12.1.1 辐射安全与环境保护管理机构

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》等有关法律法规及国家标准的要求，为了加强射线装置的安全和防护的监督管理，促进射线装置的安全应用，正确应对突发性辐射事故，确保事故发生后能快速有效地进行现场应急处理、处置，维护和保障工作人员和公众的生命安全和财产，建设单位已将本项目纳入已成立的辐射安全与环境保护管理组织，领导组织全面负责辐射工作的管理和领导工作，统一领导、统一指挥。辐射安全与环境保护管理组织已明确主要职责，其主要职责是：

- (1) 贯彻执行国家辐射安全与环境保护各项法规相关文件精神；
- (2) 负责本院辐射安全与环境保护管理；
- (3) 组织制定本院辐射安全与环境保护管理办法，做好管理工作；
- (4) 组织人员参加辐射安全与环境保护培训和应急演练；
- (5) 安排从事射线装置工作的辐射工作人员参加辐射安全和防护的培训和考核。
- (6) 检查辐射安全设施，开展辐射安全环保监测，对射线装置的安全与防护情况进行年度评估；
- (7) 实施辐射工作人员的职业健康体检，个人剂量监测；并做好相应资料的档

案管理工作；

(8) 定期向生态环境主管部门报告安全工作，接受环保监督、监测部门的检查指导。

### 12.1.2 人员配备与职能

依据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中第十六条第二款的要求，从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。依据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》中第二十八条的要求，生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位，应当对直接从事生产、销售、使用活动的职业人员进行安全和防护知识教育培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。

本项目 DSA 介入手术辐射工作人员定员 8 人（详见表 1-6）。使用本项目 DSA 开展手术的科室有神经中心、心血管内科、放射科，工作人员共 8 人，其中拟配备神经中心医师 1 人、放射科医师 1 名，心血管内科医师 2 人，技师 2 人，护士 2 人，以上 8 名工作人员均纳入辐射工作人员管理。本项目 8 名辐射工作人员由医院相应科室调配并经过专业技术培训后上岗，如有不足将从外部招聘，目前相关人员名单均未定。

#### (1) 辐射工作岗位人员配置和能力分析

##### ①人员配置

医院应为本项目介入手术医生和护士配备双个人剂量计，技师配 1 支个人剂量计，为铅衣外个人剂量计。每三个月委托有资质单位进行个人剂量监测，并建立个人记录收发记录和个人剂量档案。

②目前医院现有辐射工作人员均配备了个人剂量计。每三个月委托有资质单位进行个人剂量监测，并建立个人记录收发记录和个人剂量档案。

③医院已委托有资质单位承担辐射工作人员个人剂量的检测工作，由专门部门负责辐射工作人员个人剂量档案管理。

#### (2) 辐射工作人员能力培养方面还需从以下几个方面加强：

①根据环境保护部第 18 号令《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（2011 年）第三章—人员安全和防护，使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置的单位，其辐射工作人员应当接受由省级以上人民政府环境保护主管部门评估并推荐的辐射安全培训的

单位组织的初级辐射安全培训。根据《核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项公告》（中华人民共和国生态环境部公告 2019 年第 57 号）相关辐射工作人员可通过国家核技术利用辐射安全和防护培训平台进行培训。本项目主要是从事辐射管理工作的管理人员（辐射防护负责人）以及从事介入放射治疗的辐射工作人员。

本次属于医院核技术利用改建、扩建项目，相关工作尚在筹备中，工作人员调配名单尚未明确。待辐射工作人员落实后，医院应确保所有辐射工作人员持培训合格证上岗，及时组织本项目涉及 DSA 介入手术的辐射工作人员及相关管理人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn/>）上进行培训学习并报名参加相应类别的考核，经考核合格后方可上岗，并定期复训。

②个人剂量档案管理人员应将每季度的检测结果告知辐射工作人员，如发现结果异常，将在第一时间通知相关人员，查明原因，形成书面调查报告，并解决发现的问题。

### 12.1.3 辐射防护设施、设备及防护用品和监测仪器

建设单位拟配备与辐射类型和辐射水平相适应的专用于本项目的防护用品，如下表所示：

表 12-1 防护用品配置计划

防护人员		拟配备防护用品	标准要求	评价
辐射工作人员	个人防护用品	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜各 6 件（0.5mmPb）、介入防护手套 6 双（0.025mmPb）	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套（≥0.5mmPb）、铅防护眼镜（≥0.25mmPb）、介入防护手套（≥0.025mmPb） 选配：铅橡胶帽子（≥0.25mmPb）	符合标准要求
	辅助防护设施	铅悬挂防护屏、床侧防护帘各 1 件（0.25mmPb） 移动铅屏风 1 扇（2.0mmPb）	铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏（≥0.25mmPb）；选配：移动铅防护屏风（≥2.0mmPb）	
成人受检者	个人防护用品	铅橡胶围脖、铅橡胶围裙各 1 件（0.5mmPb）	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套（≥0.5mmPb） 选配：铅橡胶帽子（≥0.25mmPb）	

儿童 受检者	个人防护 用品	儿童专用铅橡胶围脖、儿童专用铅橡胶围裙各 1 件 (0.5mmPb)	配备保护相应组织和器官的防护用品 ( $\geq 0.5\text{mmPb}$ )	
-----------	------------	------------------------------------	--	--

在具体的工作中建设单位还需做到：

(1) 定期对辐射工作场所，主要是机房进行剂量监测，一旦发现 X- $\gamma$ 剂量过高，要及时查找原因，完善辐射防护措施；

(2) 配备相应的防护设备，每月检查一次个人防护设备的防护效果，发现防护设备有破损的要及时更换防护设备；

(3) 辐射工作人员上班时必须佩带个人剂量计，未佩戴个人剂量计的不能上岗；

(4) 定期检查剂量监测仪，使其处于良好的工作状态。

(5) 定期委托有资质的单位对辐射工作人员的个人剂量计定期进行监测。

(6) 从事放射工作的人员须按照《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2019) 的要求佩戴个人剂量计。

## 12.2 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》中第十六条第六款的要求，使用射线装置的单位应当具备有健全的操作规程、岗位职责、辐射安全和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等。

建设单位已制定：

(1) 《关于成立放射防护安全管理领导小组的通知》；

(2) 《放射事件应急预案》；

(3) 《放射诊断质量保证制度》

(4) 《放射（辐射）诊疗工作管理制度》；

(5) 《辐射工作人员的管理制度》；

(6) 《个人剂量监测管理》；

(7) 《职业健康检查管理》；

(8) 《辐射相关法律法规与防护知识培训》；



- (9) 《设备检修、维护、使用、登记制度》；
- (10) 《放射防护注意事项》；
- (11) 《辐射工作场所自主监测计划》；
- (12) 《医院影像科介入放射的管理制度》；
- (13) 《医院影像科工作制度》；
- (14) 《影像科质量管理制度》；
- (15) 《放射介入科管理制度》；
- (16) 《介入手术室医院感染管理制度》等规章制度。

投入运行时，上述相关放射防护管理制度拟在机房外上墙张贴。

《放射防护注意事项》拟张贴于防护门旁边墙上醒目位置。告知内容主要包括：

- (1) X 射线对人体有危害。
- (2) 机房外面工作指示灯亮，说明 X 射线机正在工作，请在等候区等候。
- (3) 如果您是孕妇或准备受孕的妇女，请在 X 射线检查前，主动告知工作人员。

## 12.3 辐射监测

辐射监测是安全防护的一项必要措施，通过辐射剂量监测得到的数据，可以分析判断和估计电离辐射水平，防止人员受到过量的照射。根据实际情况，需建立辐射剂量监测制度，包括工作场所监测和个人剂量监测。

### 12.3.1 个人剂量监测

个人监测主要是利用个人剂量计进行外照射个人累积剂量监测，每名辐射工作人员需佩戴个人剂量计，个人剂量检测频率为1次/季度。本项目介入手术医生和护士均配备铅衣内外双个人剂量计；技师配1支个人剂量计，为铅衣外个人剂量计。按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）的要求：

- (1) 辐射工作人员应配备个人剂量计，并定期（每季度1次）送检；
- (2) 介入手术操作的辐射人员手术时在铅衣内的左胸前或锁骨对应位置佩戴1个剂量计，另1个剂量计佩戴在铅衣外锁骨对应的领口位置，以分别估算操作人员在防护部分和未被屏蔽部分的受照剂量。

(3) 医院落实个人剂量监测制度，统一管理个人剂量计，避免出现工作人员剂量计丢失等现象，定期将个人剂量计送至监测单位检查，并建立个人剂量管理档案。

医院应每一季度将个人剂量计送交有个人剂量监测资质的单位或机构进行检测。检测数据超过单位干预水平1.25mSv的，单位应组织调查，当事人应在调查报告上签字确认；检测数据超过职业人员剂量约束值5.0mSv的，医院应组织调查，查明原因后采取防范措施，并报告发证机关；检测数据超过国家标准限值20mSv 的，应立即采取措施，报告发证机关，并开展调查处理。检测报告及有关调查报告应存档备查。

个人剂量检测报告（连续四个季度）应当连同年度监测报告一起作为《辐射安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。

辐射工作人员个人剂量档案内容应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料，个人剂量档案需长期保存。

### 12.3.2 辐射环境监测

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》及《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》的要求，医院须对使用射线装置、辐射工作场所及辐射从业人员开展辐射监测工作，以确保辐射工作人员的职业健康，保障环境安全，规范辐射工作防护管理。

医院对本项目制定的辐射监测计划见表 12-1，发现周围剂量当量率超国家标准要求及安全连锁失效等问题，停止辐射工作并积极整改，整改完毕后，经核查符合国家标准后，方可重新开展辐射工作。

表 12-1 辐射监测计划一览表

监测对象		监测类别	监测方案	监测项目	监测频率
DSA 检查 室	机房屏蔽	验收监测	机房四周屏蔽墙外 30cm、防护门及门缝、电缆沟、穿墙孔、楼上、楼下等进行监测	周围剂量当量率	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
	电离辐射警示标志、安全连锁、工作状态指示灯等安全装置		实测并检查	安全设施	
	机房屏蔽	日常监测	机房四周屏蔽	周围剂量	一年 2 次

			墙外 30cm、防护门及门缝、电缆沟、穿墙孔、楼上、楼下等进行监测	当量率	
	电离辐射警示标志、安全联锁、工作状态指示灯等安全装置		实测并检查	安全设施	每次使用前
	机房屏蔽	年度监测	机房四周屏蔽墙外 30cm、防护门及门缝、电缆沟、穿墙孔、楼上、楼下等进行监测	周围剂量当量率	每年 1 次
	电离辐射警示标志、安全联锁、工作状态指示灯等安全装置		实测并检查	安全设施	每次使用前
	50m 范围外环境		实测	周围剂量当量率	每年 1 次
辐射工作人员		外照射	佩戴内、外双个人剂量计	年有效剂量	操作时，每季度送检 1 次

### 12.3.3 设备性能监测

根据国家标准要求，建设单位应委托有资质的技术服务机构对射线装置进行设备性能检验。

建设单位应制定严格的设备定期检查和安全检查及维修管理制度，并严格执行，以确保设备能正常的运行，其中设备检查维修制度中应包括每天检查控制开关，门联锁，紧急停束装置，监视、声光报警安全装置；并适时检查其他安全装置，如设备性能，监视和通讯装置等内容。

### 12.3.4 年度常规监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定，使用射线装置的单位应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真

实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托有资质的环境监测机构进行监测。年度监测数据将作为本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况年度评估报告的一部分，定期上报生态环境行政主管部门。

医院将严格执行辐射监测计划，定期委托有相关资质的第三方辐射监测机构对医院的辐射工作场所进行监测，每年至少一次。

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的相关规定，X射线设备机房的防护检测应在巡测的基础上，对关注点的局部屏蔽和缝隙进行重点检测；X射线设备机房放射防护安全设施在项目竣工时应进行验收检测。X射线设备及其机房防护检测合格并符合国家有关规定后方可投入使用。其中对于本项目辐射工作场所的监测，同样参照上述正式投入使用前的辐射防护检测的方法，对机房的四面墙体、地板、顶棚、机房的门、观察窗、管线洞口等关注点进行X- $\gamma$ 辐射剂量率监测，监测点位距离机房屏蔽体外表面30cm。辐射监测计划详见表12-2。

表 12-2 工作场所监测计划一览表

监测项目	工作场所	监测因子	监测频率	监测点位	监测类型
年度监测	辐射工作场所	周围剂量当量率	1次/年	防护门外、门缝、铅玻璃观察窗、操作间、各侧屏蔽墙外30cm处、楼上、楼下对应房间内及周围需要关注的监督区	委托有资质单位监测
验收监测			竣工验收	委托有资质单位监测	

年度监测数据将作为本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况年度评估报告的一部分，医院应每年对辐射防护情况进行评估，并在每年1月31日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

### 12.3.5 年度评估报告

每年1月31日之前，核技术应用单位应向有关环境保护主管部门提交上一年度的本单位辐射安全和防护状况年度评估报告。

## 12.4 竣工环境保护验收监测

根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》，医院是建设项目竣工环境保护验收的责任主体，应当按照本办法规定的程序和标准，组织对配套建设的环境保护设施

进行验收，编制验收报告，公开相关信息，接受社会监督，确保建设项目需要配套建设的环境保护设施与主体工程同时投产使用，并对验收内容、结论和所公开的信息真实性、准确性和完整性负责，不得在验收过程中弄虚作假。

本项目竣工后，医院应当按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的规定，组织对配套建设的环境保护设施进行验收。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。

#### （1）验收的依据

建设项目环境保护相关法律、法规、规章、标准和规范性文件；建设项目竣工环境保护验收技术规范；建设项目环境影响报告表及审批部门审批批复。

#### （2）验收执行法规及标准

①《关于发布<建设项目竣工环境保护验收技术指南污染影响类>的公告》（生态环境部公告 2018 年第 9 号 2018 年 5 月 15 日实施）；

②《关于发布<建设项目竣工环境保护验收暂行办法>的公告》（环境保护部国环评〔2017〕4 号 2017 年 11 月 20 起实施）；

③《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002，2003 年 4 月 1 日起实施）

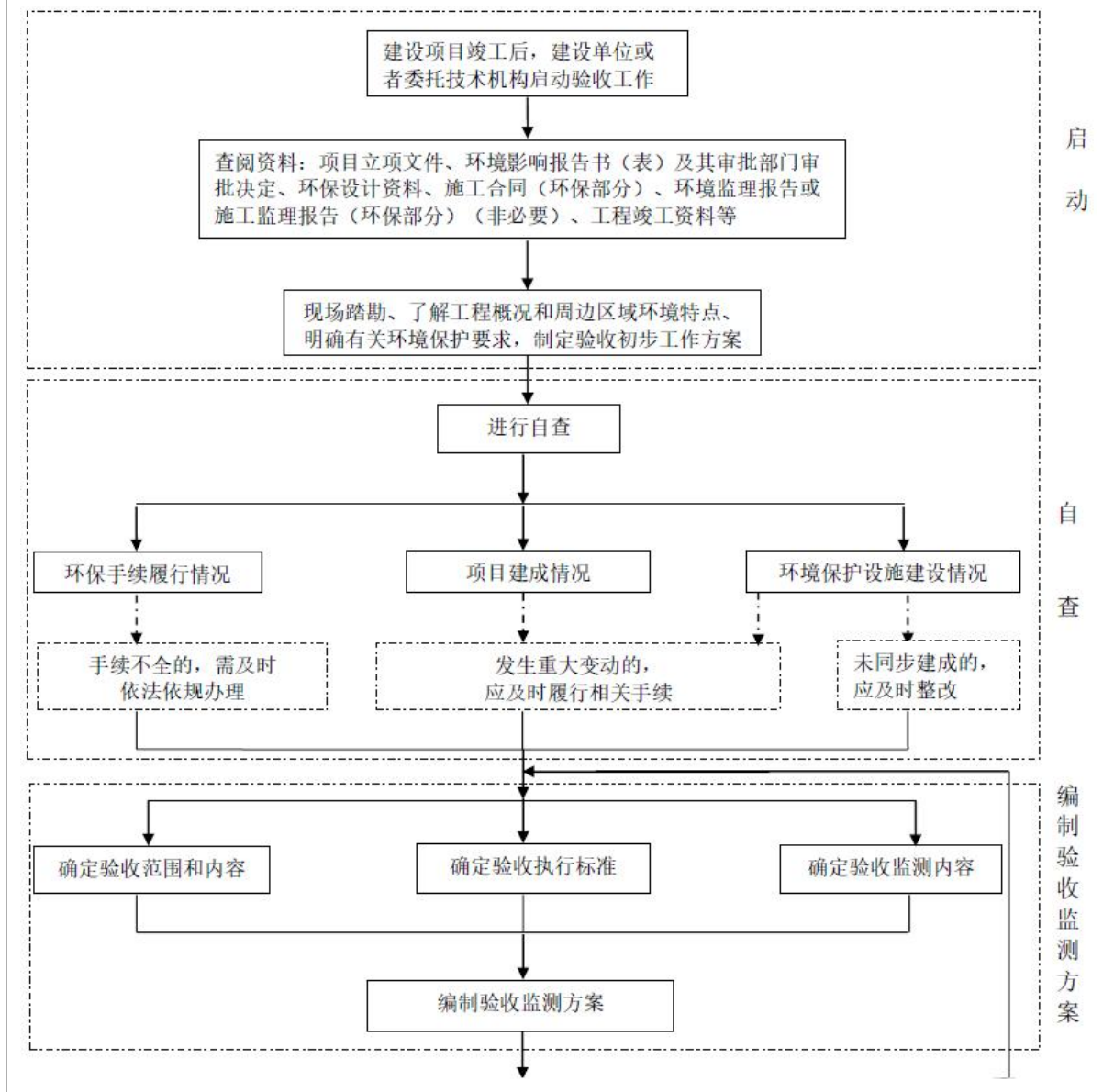
④《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020，2020 年 10 月 1 日起实施）；

⑤《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019，2020 年 4 月 1 日起实施）。

#### （3）验收工作程序

医院应根据核技术利用项目的开展情况，按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》、《建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类》的相关要求，对配套建设的环境保护设施进行验收，自行或委托有能力的技术机构编制验收报告，并组织由设计单位、施工单位、环境影响报告表编制机构、验收监测（调查）报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等成立的验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式开展验收工作。建设项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，其主体工程方可投入生产或者使用；未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。

验收工作主要包括验收监测工作和后续工作，其中验收监测工作可分为启动、自查、编制验收监测方案、实施监测与检查、编制验收监测报告五个阶段（如图 12-1）



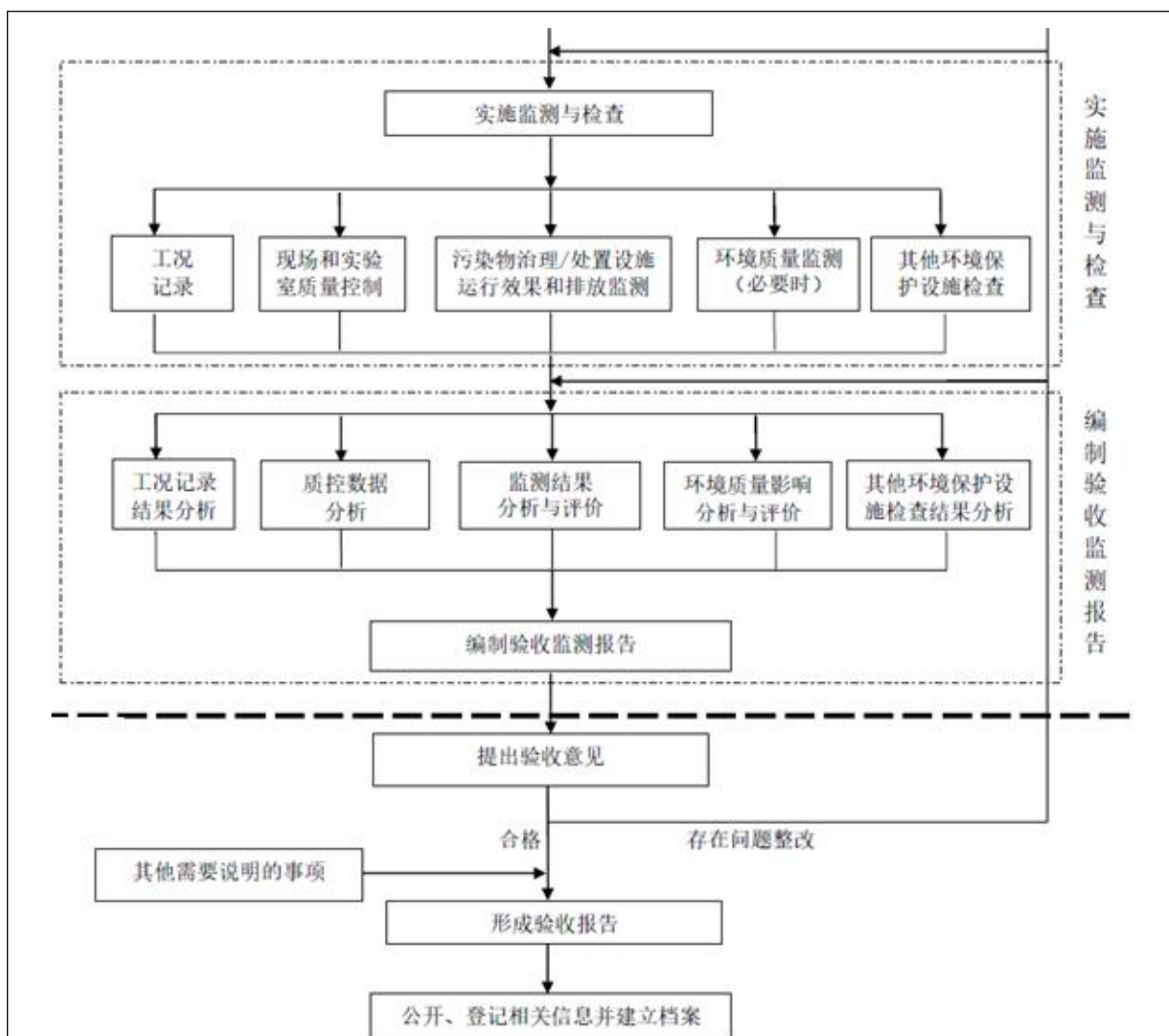


图 12-1 验收工作程序流程图

(4) 验收监测技术要求工况记录要求：

验收监测应当在确保主体工程工况稳定、环境保护设施运行正常的情况下进行，并如实记录监测时的实际工况以及决定或影响工况的关键参数，如实记录能够反映环境保护设施运行状态的主要指标。

检测条件：

采用 DSA 自动曝光条件，放置散射模体（标准水模+1.5mm 铜板）。

检测点位：

依据 GBZ 130-2020 的要求，X 射线设备机房防护检测应在巡测的基础上，对关注点的局部屏蔽和缝隙进行重点检测。关注点应包括：四面墙体、地板、顶棚、机房门、操作室门、观察窗、采光窗/窗体、传片箱、管线洞口、工作人员操作位等，点

位选取应具有代表性。

本项目检测点位包括：

a.DSA 检查室水平方向的各面墙体、防护门和观察窗外表面 30cm 处，穿墙管线口、工作人员操作位等；

b.DSA 检查室上方距顶棚地面 1m 处；

c.DSA 检查室下方（楼下）距楼下地面 1.7m 处。

## 12.5 辐射事故应急

医院依据《中华人民共和国职业病防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《国家核应急预案》、《国家突发公共事件医疗卫生救援应急预案》等有关法律、法规和规章制度制订《辐射事故应急预案》。同时为及时有效地应对辐射事故，提高医学应急响应能力，避免或减少放射事故造成的人员伤亡、社会影响和经济损失，将事故造成的损失后果降低到最小程度，最大限度地保障放射工作人员与公众的安全，维护正常和谐的放射诊疗秩序，做到对辐射事故早发现，速报告，快处理，建立快速反应机制，特制定应急预案并明确应急管理领导小组成员及其职责。

医院已制定《辐射事故应急预案》，辐射事故应急预案包括下列内容：

- （一）适用范围；
- （二）突发辐射事故应急机构组成及职责；
- （三）辐射事故分类与应急机制；
- （四）辐射事故应急处理；
- （五）现场调查和检测；
- （六）结论；
- （七）应急保障、人员培训和演练。

医院现有《辐射事故应急预案》具体内容分析评价：

一、组织结构及工作职责，包含人员组成及职责。

医院成立“辐射安全与环境保护管理领导小组”，组织、开展放射事故的应急救援工作，在突发辐射事故发生时，应急处理小组成员应在 10 分钟内赶到现场，研究制



定应急措施，并按照各自职责开展工作。

辐射安全与环境保护管理领导小组成员具体责任人如下：

组 长：业务院长

副组长：放射科负责人

成 员：相关科室的辐射工作人员和管理人员

领导小组职责：

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射事故管理规定》等相关法律法规制定和修订医院突发辐射事故应急预案。

(1) 接到启动本预案紧急通知后，迅速组织相关科室开展具体实施。

(2) 督导、检查相关业务科室全面、有序开展辐射(放射)安全管理各项工作。

(3) 负责及时收集突发事故相关资料，为决策者提供科学准确的信息。

(4) 负责报送突发辐射事故应急处置中的各类信息，并编制全面详细的总结报告。

(5) 定期向有关主管部门报告医院突发辐射事故应急救援的信息资料，及时修正重大变更事项。

(6) 负责定期组织相关科室开展医院突发辐射事故应急演练事宜。

(7) 发生突发辐射事故后，应及时向上医院领导和相关主管部门报告、协助相关部门开展现场调查、接受当事人或地方卫生行政部门的要求，组织放射事故鉴定等工作。

## 二、辐射事故分类

### (1) 具体分类

根据《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，2019 年）第十条规定：

根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级。

特别重大辐射事故，是指 I 类、II 类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射性同位素和射线装置失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡。

重大辐射事故，是指 I 类、II 类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射

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。

较大辐射事故，是指Ⅲ类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 9 人以下（含 9 人）急性重度放射病、局部器官残疾。

一般辐射事故，是指Ⅳ类、Ⅴ类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

### （2）辐射事故类型

根据现有射线装置使用情况，医院可能发生的辐射事故类型如表 12-3 所示，本项目属于一般辐射事故。

**表 12-3 辐射事故类型及等级**

辐射事故类型	事故后果	事故等级
射线装置连锁装置失效，人员误入	及时发现、处理，仅人员受照剂量超过年剂量限值。	一般
	未及时发现、处理或处理时间过长或放射源失控，误入人员受照剂量导致 9 人以下（含 9 人）急性重度放射病、局部器官残疾。	较大
	未及时发现、处理或处理时间过长或放射源失控，误入人员受照剂量导致 2 人以下（含 2 人）急性死亡，或者导致 10 人以上（含 10 人）急性重度放射病、局部器官残疾。	重大
	未及时发现、处理或处理时间过长或放射源失控造成大范围严重辐射污染后果，或者导致导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡。	特别重大

### 三、应急保障、人员培训和演练

（1）物资保障：建立辐射事故突发事件应急现场处置、监督检查、监督检验、放射防护等有关物资、设备、设施的储备，保证所需经费列入预算。

（2）加强放射工作人员培训：医院辐射安全事故相关应急人员须经过培训，培训内容应包括辐射监测仪器的使用、防护设施的使用和应急预案执行程序等。

（3）开展培训和演练：

每年至少组织 1 次辐射事故应急预案的培训。培训的主要内容：法律法规、应急预案、应急监测、放射防护、应急处置和应急响应程序等。

每年至少组织 1 次辐射事故应急演练。辐射事故应急演练应根据可能发生的辐射事故组织有针对性的演练，采取桌面推演、模拟现场演练等形式，突出练组织、练指挥、练程序、练技术、练处置，不断提升放射事故的应急处置能力。

应急预案评价：辐射事故应急预案内容囊括了辐射事故应急处理的组织机构与职责、预防和保障措施、事故报告、事故处理等内容，应急预案比较全面，且针对本项目可能发生的辐射安全事故制定了相应的、切实可行的应急处置程序，满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等环保相关法律法规的要求。

医院原开展核技术利用项目，未发生辐射事故；医院每年组织辐射事故应急演练，防止辐射事故的发生，并熟练各应急环节，防止对环境及人员造成辐射影响。本项目建成运行后，继续定期进行辐射事故应急演练。

## 12.6 从事辐射活动能力评价

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条规定，使用放射性同位素、辐射装置单位应具备相应的条件，本项目从事辐射活动能力评价详见表 12-4。

表12-4 本项目从事辐射活动能力评价

应具备条件	落实情况
(一) 使用I类放射源，使用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	已设置辐射安全与环境保护管理组织和应急管理组织。
(二) 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	本项目涉及辐射工作人员拟为新增人员或相应科室调配，医院应即时组织本项目辐射工作人员参加培训和考核，并取得合格证书。
(三) 使用放射性同位素的单位应当有满足辐射防护和实体保卫要求的放射源暂存库或设备	不涉及。
(四) 放射性同位素与射线装置使用场所所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射要求	本项目拟按要求建设专用机房，实体屏蔽符合要求，拟设有急停开关和对讲装置，拟设有工作警

的安全措施	示灯及电离辐射警告标志。
(五) 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, 包括个人剂量监测报警、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	医院拟配备1台X-γ辐射检测仪, 医院根据相关要求及工作需要拟配备工作人员使用的铅衣等防护用品和配备患者使用的辅助防护用品。根据要求配备个人剂量计。
(六) 有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等	已制订或需完善。
(七) 有完善的辐射事故应急措施	已制订, 需完善。
(八) 产生放射性废气、废液、固体废物的, 还应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案	不涉及。

综上所述, 建设单位已基本具备从事辐射活动的能力。本项目在严格执行相关法律法规、标准规范等文件, 严格落实各项辐射安全管理、防护措施的前提下, 其从事辐射活动的技术能力符合相应法律法规的要求。

## 表 13 结论与建议

### 13.1 结论

#### 13.1.1 项目概况

项目名称：神木市大柳塔试验区人民医院新增 DSA 装置核技术利用项目；

建设单位：神木市大柳塔试验区人民医院；

建设性质：改建；

建设地点：陕西省榆林市神木市大柳塔实验区神东小区滨河路 1 号。

本项目建设内容包括：神木市大柳塔试验区人民医院拟新购一台 DSA（125kV，1000mA）设备，设置在创伤急救大楼三层的 1 间经辐射防护工程改造后改建的 1 间 DSA 导管室内，用于影像诊断和介入治疗，其中包括 DSA 导管室及其辅助功能用房区域，以及医护工作区域和其他手术用物品存放专用功能用房。急救大楼三层改建后的使用面积约为 2870m<sup>2</sup>。经与建设单位核实，拟新购 1 台西门子医疗系统有限公司生产的 Artis zeego III 型数字减影血管造影 X 射线机，主束方向由下朝上，为单管头设备，最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA，属于 II 类射线装置，年最大手术台数为 500 台。

#### 13.1.2 产业政策符合性分析

根据中华人民共和国国家发展和改革委员会制定的《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会第 29 号令，2020 年 1 月 1 日起施行）、《国家发展改革委关于修改〈产业结构调整指导目录（2019 年本）〉的决定》（中华人民共和国国家发展和改革委员会第 49 号，2021 年 12 月 30 日实施），本项目使用 DSA 射线装置为医院医疗基础建设内容，属该指导目录中第三十七项“卫生健康”中第五款“医疗卫生服务设施建设”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

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。医院在放射诊断和放射治疗过程中，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《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“实践的正当性”原则。

### 13.1.3 实践正当性分析

建设单位地理位置优越，病人能够就近治疗；DSA 的应用，有其他技术无法替代的特点，在延缓病情、保证病人健康、挽救病人生命方面能起到十分重要的作用。本项目的应用将为病人提供一个优越的诊疗环境，提高人民生活质量，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，在保证病人健康的同时也为医院创造了更大的经济效益。因此，本项目的应用对受电离辐射照射的个人和社会带来的利益要远大于其可能引起的辐射危害，项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践正当性”的要求。

### 13.1.4 选址合理性

本辐射项目位于医院内部，不新增土地，项目用地属于医疗卫生用地，DSA 导管室具体拟建于由院区内创伤急救大楼三层改建的一间 DSA 导管室内（配套有控制室和设备间）。本项目 DSA 导管室平面布局和建设时充分考虑了对周围环境和人员的安全防护，采取的屏蔽措施和安全防护措施满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求，对周围环境的影响较小，本项目辐射工作场所边界外 50m 范围主要为医院内部建筑物，所开展的核技术应用项目通过采取相应有效治理和屏蔽措施后对周围环境影响较小，因此选址是合理的。

### 13.1.5 辐射安全与防护分析结论

本项目对工作场所进行分区管理；设备自身的辐射防护屏蔽设计；设备固有安全性、安全连锁装置、紧急止动开关、视频监控装置、安全警示标志、警示系统等措施进行辐射安全防护，能够满足防护需求。

### 13.1.6 项目所在地环境质量现状

由环境监测结果可知，本项目 DSA 导管室及周边室内 X- $\gamma$  辐射剂量率范围为 102nGy/h~131nGy/h，根据《陕西省环境天然贯穿辐射水平调查研究》（辐射防护，1994 年 7 月），陕西省内原野 $\gamma$ 辐射剂量率为 25.0~150.0nGy/h，道路 $\gamma$ 辐射剂量率

为 20.0~160.0nGy/h，建筑物室内 $\gamma$ 辐射剂量率为 56.0~169.0nGy/h，因此项目所在地的天然贯穿辐射水平属于当地正常天然本底辐射水平。

### 13.1.7 环境影响分析

#### 13.1.7.1 建设期环境影响分析

##### (1) 辐射环境影响分析

经理论计算，本项目 DSA 在正常运行情况下，机房外控制室、四周防护墙外、楼上及防护门外的辐射剂量率均能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）中规定的屏蔽体外表面 30cm 处剂量率不大于 2.5 $\mu$ Sv/h 的管控限值水平。在正常工况下，对辐射工作人员造成的有效剂量低于 5mSv 的年职业照射剂量约束值；对公众造成的有效剂量低于 0.1mSv 的年公众照射剂量约束值；手术医生和护士身体最大年有效剂量低于 5mSv 的年有效剂量管理约束值；手术医生和护士手术位腕部皮肤受到的最大年当量剂量低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对职业人员四肢要求的剂量限值 500mSv/a 和 125mSv 的年有效剂量管理约束值。

##### (2) 大气环境影响分析

建设单位拟在 DSA 导管室吊顶设置 1 个排风口和两个新风系统送风口，接通风管道（风管尺寸为 320mm $\times$ 200mm）穿过机房北墙上方墙体，排风管线沿着水平方向穿墙而出，机房内采用 4mm 铅皮包裹，穿出墙体外的管线采用 3mm 铅皮包裹补偿防护，排风管线的防护措施满足机房屏蔽要求。排风使用机械排风机，风机排风量为 1000m<sup>3</sup>/h，保证机房换气次数不低于每小时 4 次，根据对臭氧浓度的计算，臭氧浓度远低于国家标准要求，经大气稀释后，对室内人员基本无影响；并在机房内设置空气消毒器，杀菌消毒。DSA 导管室产生的废气经该栋大楼排风系统在排风井统一收集后引至该楼楼顶经活性炭吸附后高于楼顶 3m 排放，排风口朝向的周边无居民区。本项目通风设计可以确保机房室内通风效果良好，符合国家相关标准的要求，废气经自然分解后，可达标排放，对周围环境影响较小。

##### (3) 水环境影响分析

本项目产生废水主要为生活污水和医疗废水，废水进入医院现有污水处理站经“格栅

+调节池+兼氧池+接触氧化池+沉淀池+消毒池”工艺处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表2 预处理排放标准要求后，排入市政污水管网。本项目的下水道应进行地面硬化处理等防渗措施，防止污染地下水。

本项目对水环境的影响符合国家标准的要求。

#### （4）固体废物环境影响分析

①本项目不会产生放射性固废，对周围环境无影响。

②本项目产生的医疗废物，采用专门的收集容器分类收集后，转移至建设单位现有的医疗废物暂存间，按照医疗废物执行转移联单制度，委托当地有医疗固废处置资质的单位处置。生活垃圾、办公垃圾由医院进行统一集中收集后，交由当地环卫部门清运。

本项目固体废物对环境的影响符合国家标准的要求。

#### （5）声环境影响分析

本项目噪声源主要为通排风噪声，设备选用低噪声设备，噪声源强一般小于 60dB（A），并设置隔声减振措施，经降噪措施及距离衰减作用，运行期间场界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2 类标准要求。

### 13.1.7.2 运行期环境影响分析

从监测结果和理论计算结果可知，本项目运行后能够达到相关标准的要求。从监测结果和理论计算结果可知，本项目 DSA 在正常运行时，工作人员受到的年附加有效受照剂量低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对工作人员要求的剂量限值 20mSv 和剂量约束值 5mSv 的要求。公众人员受到的附加年有效剂量低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对公众要求的剂量限值 1mSv 和剂量约束值 0.1mSv 的要求。由此说明，本项目 DSA 导管室的防护设计满足要求，其正常运行后产生的辐射影响在国家允许的范围以内。

### 13.1.8 辐射安全管理的综合能力

建设单位辐射安全管理机构健全，有领导分管，人员落实，责任明确，医技人员配置合理，有辐射事故应急预案与辐射安全和防护管理制度；环保设施总体效能良好，可满足防护实际需要。对本项目而言，医院也已具备辐射安全管理的综合能力。



### 13.1.9 环境影响评价综合性结论

建设单位 DSA 应用项目，符合产业政策要求，在落实项目实施方案和本报告中提出的污染防治措施和辐射环境管理完善建议的前提下，项目正常运行对周围环境产生的辐射影响，在国家允许的标准范围内，符合环境保护的要求。因此，从辐射环境保护的角度分析认为本项目可行。

### 13.2 项目竣工验收检查内容

根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》，建设单位是建设项目竣工环境保护验收的责任主体，应当按照本办法规定的程序和标准，组织对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，公开相关信息，接受社会监督，确保建设项目需要配套建设的环境保护设施与主体工程同时投产使用，并对验收内容、结论和所公开的信息真实性、准确性和完整性负责，不得在验收过程中弄虚作假。

本工程竣工环境保护验收一览表见表 13-1。

表 13-1 环境保护设施验收一览表

场所	类别	环保设施
DSA 导管室	辐射屏蔽设施	1) 四周墙体: 轻钢龙骨+2mmPb 铅板+2mmPb 硫酸钡防护板, 折算总铅当量 4mmPb;
		2) 顶棚: 12cm 现浇混凝土+4mmPb 硫酸钡防护板, 折算总铅当量 5.44mmPb;
		3) 地板: 12cm 现浇混凝土+4mmPb 硫酸钡防护涂料, 折算总铅当量 5.59mmPb;
		3) 观察窗: 4mmPb 铅玻璃, 折算总铅当量 4mmPb;
		4) 防护门(4 扇): 内衬 4mm 厚铅板, 折算总铅当量 4mmPb。
	安全装置	操作台和床体上“急停开关”装置 1 套
		对讲装置 1 套
		门灯联锁及工作状态指示灯 1 套
	个人防护用品	辐射工作人员配防护铅当量为 0.5mmPb 的铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜各 6 套, 防护铅当量不低于 0.025mmPb 的介入防护手套 6 套
		患者配铅橡胶颈套、铅橡胶帽子(防护铅当量 0.5mm, 儿童、成人尺寸各 1 套)以及铅防护方巾 2 套(防护铅当量 0.5mmPb)

		铅悬挂防护屏（0.5mmPb）/铅防护帘（0.5mmPb）、床侧防护帘（0.5mmPb）/床侧防护屏（0.5mmPb）1 件
	监测仪器及警示装置	DSA 机房拟配置辐射工作人员 8 人。每名辐射工作人员配备个人剂量计。 警示标志若干
	通排风系统	动力通排风系统 1 套
	医废处置	委托当地有医疗固废处置资质的单位处置
其他	监测设备	计划配置便携式 X-γ 剂量监测仪 1 台
	人员培训	辐射工作人员、管理人员上岗培训
	辐射应急	辐射应急物资、人员培训、应急演练

### 13.2 建议与承诺

建议单位认真做好以下几项工作：

（1）完善并落实各项管理制度，加强工作人员管理，建立作业运行、辐射环境监测记录、个人剂量管理及维修记录制度，并存档备查。

（2）从事辐射工作的工作人员做到持证上岗，定期进行辐射防护知识的培训和安全教育，定期检查和评估工作人员的个人剂量，对从事辐射工作的工作人员定期进行身体健康体检并形成制度。

（3）医院在后期开展放射诊疗工作中，须加强个人安全意识，定期组织防护知识培训，要求个人剂量计做到上班时间规范佩戴，定期将个人剂量计送委托机构检测，做好个人剂量档案管理工作。

（4）建设单位应配备辐射环境监测仪器，对项目及其周围的辐射剂量进行定期监测。建设单位应委托有资质的单位定期（每年常规监测一次）对设备周围环境进行辐射环境监测，并建立监测技术档案。

（5）建设单位应不断提高工作人员素质，增强辐射防护意识，尽量避免发生意外事故；应加强对工作人员和公众成员辐射防护知识的宣传教育，提高其自身安全防护意识。

（6）建设单位应加强对仪器设施的日常管理工作，特别是环保设施的维护保养，保证其环保功能有效可靠。定期对系统的配件、机电设备和监测仪器，特别是安全连锁装置、报警系统进行检查、维护及时更换部件。

(7) 建设单位应定期进行事故应急演练，检验应急预案的可行性、可靠性、可操作性，不断的完善事故应急预案。

(8) 建设单位应根据国家及地方最新出台的法律法规，对辐射相关制度进行更新完善。建设单位应于每年 1 月 31 日前向环境保护行政主管部门提交上一年度的年度评估报告。

## 表 14 审批

下一级环保部门预审意见：

经办人

公章

年 月 日

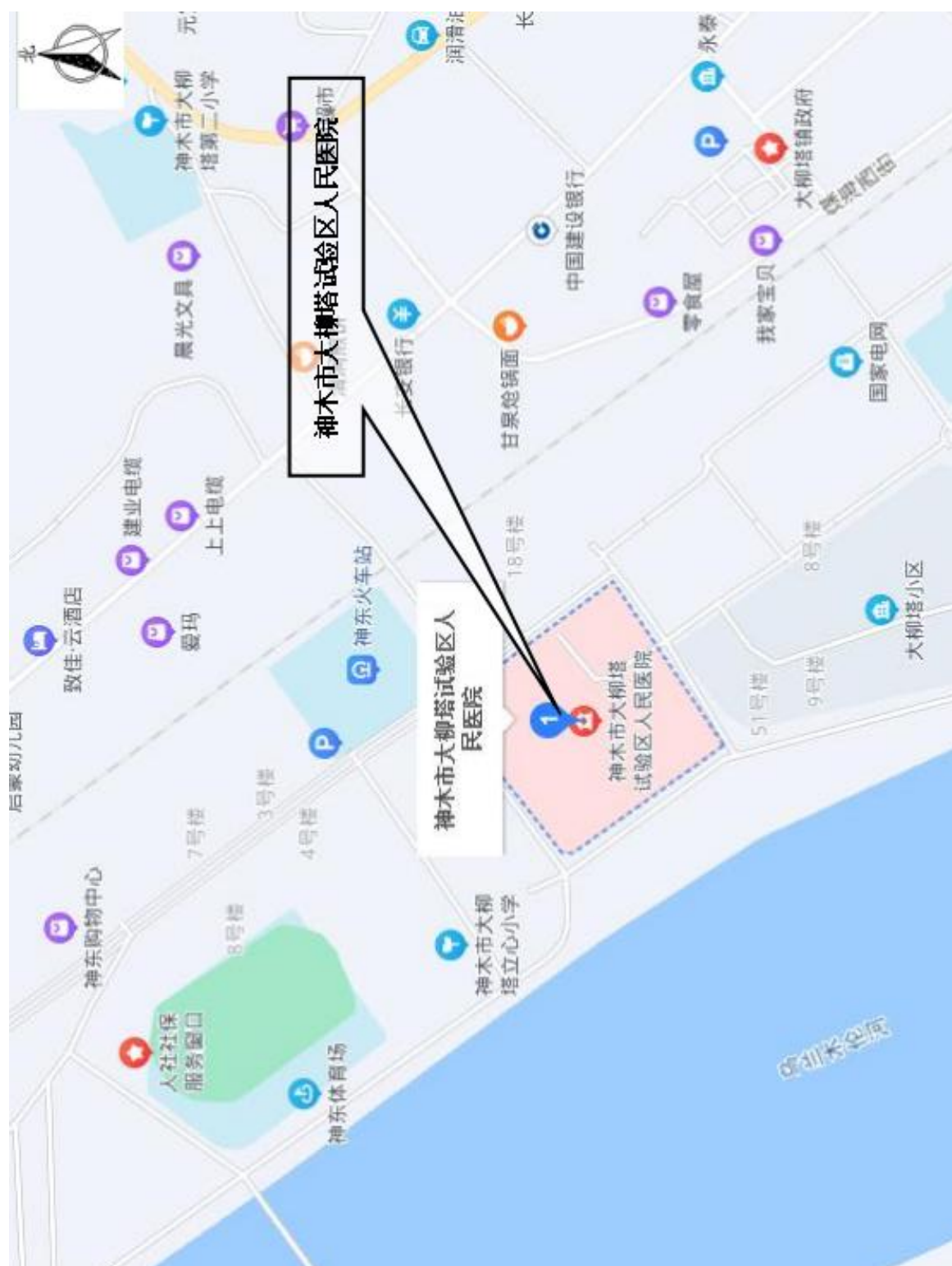
审批意见：

经办人

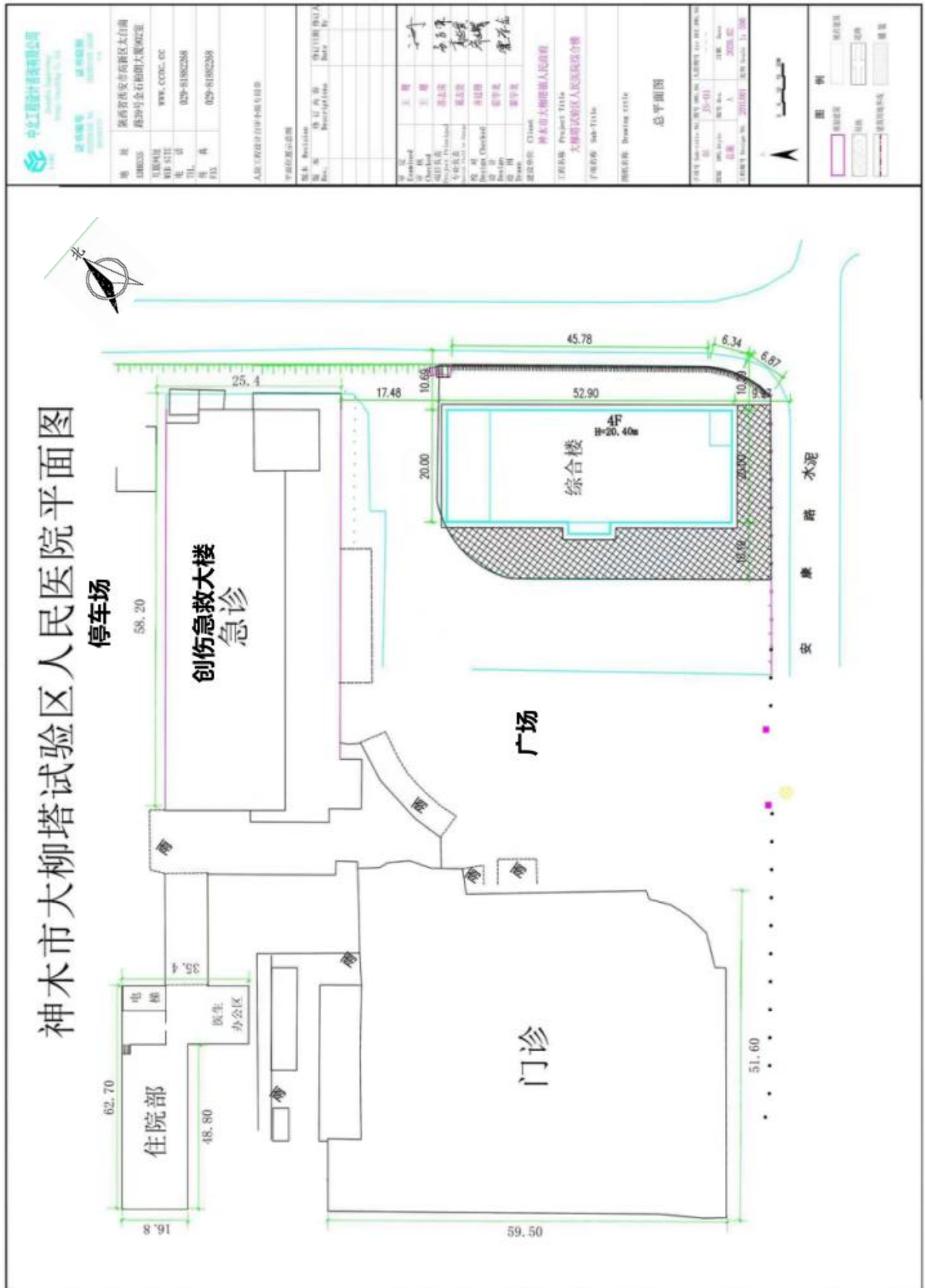
公章

年 月 日

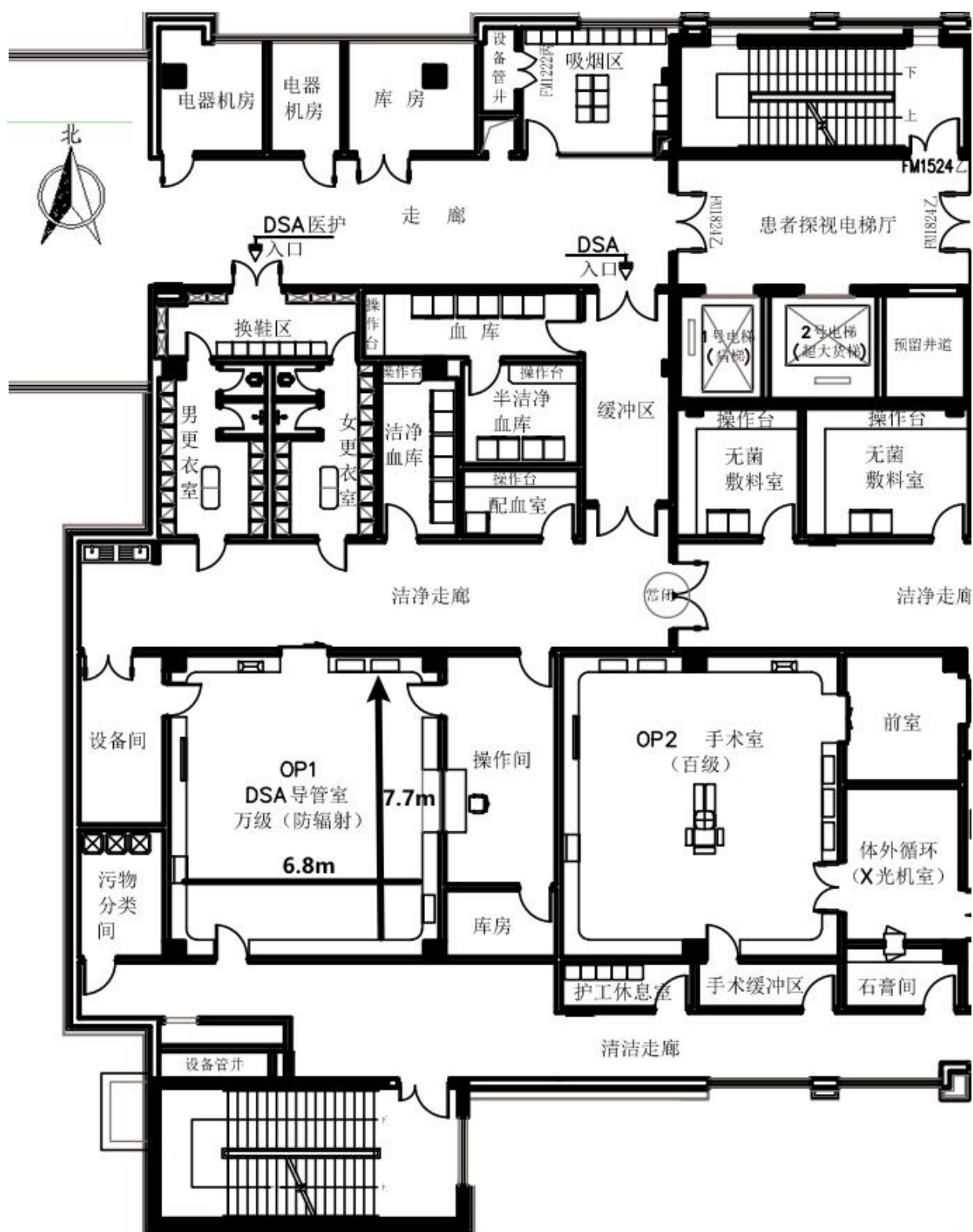
附图 1 医院地理位置图



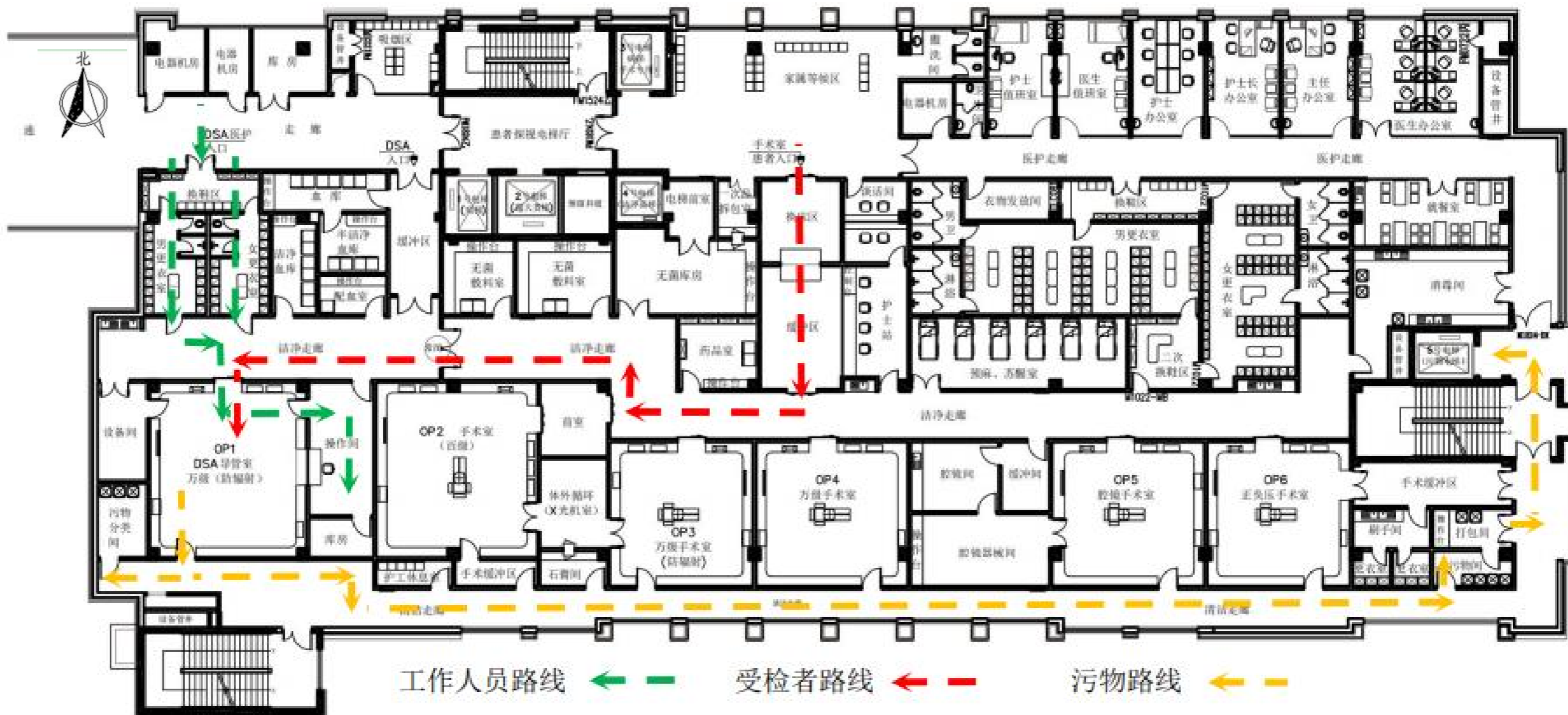
附图 2 医院平面布置示意图



附图 3 DSA 导管室平面布局示意图



附图 4 DSA 导管室所在楼层平面布置示意图和路径图





附图 5 DSA 导管室四至示意图

