

编号：HJPJ-XAXA-002020002 号

西安市人民医院（西安市第四医院）
扩建数字减影血管造影设备（DSA）核技术利用项目
环境影响报告表

（送审稿）

建设单位：西安市统一建设管理办公室

评价单位：西安旭奥环境科技有限公司

二〇二〇年六月

核技术利用建设项目

西安市人民医院（西安市第四医院）扩建数字
减影血管造影设备（DSA）核技术利用项目
环境影响报告表

（送审稿）



西安市统一建设管理办公室

二〇二〇年六月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

西安市人民医院（西安市第四医院）扩建数字 减影血管造影设备（DSA）核技术利用项目 环境影响报告表



建设单位名称：西安市统一建设管理办公室

建设单位法人代表（签名或签章）：李小明

通讯地址：西安市航天东路与航拓路东北角

邮政编码：710199

联系人：陈涛

电子邮箱：407796275@qq.com

联系电话：18292170518

打印编号: 1592787398000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	7194ee		
建设项目名称	西安市人民医院（西安市第四医院）扩建数字减影血管造影设备（DSA）核技术利用项目		
建设项目类别	50 191核技术利用建设项目（不含在已许可场所增加不超出已许可活动种类和不高于已许可范围等级的核素或射线装置）		
环境影响评价文件类型	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称（盖章）	西安市统一建设管理办公室		
统一社会信用代码	11610100729957464J		
法定代表人（签章）	李小明 李小明		
主要负责人（签字）	孙国平 孙国平		
直接负责的主管人员（签字）	孙国平 孙国平		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	西安旭奥环境科技有限公司		
统一社会信用代码	91610103MA7135PMXY		
三、编制人员情况			
1 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
马翠	201805035420000011	BH016661	马翠
2 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
马翠	表10辐射安全与防护~表13结论与建议	BH016661	马翠
韦笑	表1项目基本情况~表9项目工程分析与源项	BH029182	韦笑

表 1 项目基本情况

建设项目名称		西安市人民医院(西安市第四医院)扩建数字减影血管造影设备(DSA)核技术利用项目			
建设单位		西安市统一建设管理办公室			
法人代表	李小朋	联系人	陈涛	联系电话	18292170518
注册地址		西安市航天东路与航拓路东北角			
项目建设地点		医疗综合楼负一层东北侧介入科			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)	1300	项目环保投资 (万元)	100	投资比例(环保 投资/总投资)	7.69%
项目性质		☐ 新建 ☐ 改建 ☒ 扩建 ☐ 其他		占地面积(m ²)	1200
应用 类型	放射源	☐ 销售	☐ I类 ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
		☐ 使用	☐ I类(医疗使用) ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物		
		☐ 销售	/		
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙		
	射线装置	☐ 生产	☐ II类 ☐ III类		
		☐ 销售	☐ II类 ☐ III类		
		☒ 使用	☒ II类 ☐ III类		
	其他	/			

项目概述

一、项目背景

1、医院介绍

西安市人民医院是由西安市统一建设管理办公室在西安国家民用航天产业基地筹建的一所公立非营利性三级综合医院，按照西安市人民政府专项问题会议纪要（2018年8月10日发，第141期），西安市人民医院交由西安市第四医院组建、运营、管理。根据中共西安市委机构编制委员会办公室《中共西安市委机构编制委员会办公室关于西安市人民医院与西安市第四医院施行一体化管理的复函》（市编办函〔2019〕97号）文件，

西安市人民医院与西安市第四医院实行一体化管理，按照“一个法人、一院两区”的模式运营。两院实行一体化管理后，机构名称调整为“西安市人民医院（西安市第四医院）”。目前医院事业单位法人证书及医疗机构执业许可证已变更名称为“西安市人民医院（西安市第四医院）”，医院事业单位公章正在进行变更手续办理。

西安市第四医院位于西安市新城区解放路 21 号，始建于 1889 年，是一所集医疗、教学、科研、急救、预防、康复、保健为一体的综合性三级甲等医院，是西安市医保定点医院，是陕西省博士后创新基地、出生缺陷干预救助基地、国家级儿童早期发展示范基地、省/市级妇产科质量控制中心，是西安市计划生育干部培训中心。

西安市人民医院总占地面积约 226.6 亩，其中净占地面积约 173.267 亩，总建筑面积约 15.6 万平方米，拟设立急诊、内科、外科、妇科、儿科、五官科等 24 个医疗科室，可为患者提供全方位、多层次的医疗服务。医院规划编制床位 1500 张，能容纳 2500 人门诊就医，容纳 1500 人住院治疗。2011 年 10 月 17 日，西安市环境保护局以“市环发（2011）367 号”对其进行了环评批复，根据现场踏勘，目前医疗综合楼及北侧住院楼主体工程已基本结束。

2、项目由来

心脑血管疾病已成为严重影响居民健康的一个重要因素，而介入治疗已成为治疗这类疾病的主要手段。为完善医院发展需求，加快现代化进程，促进医院各学科发展，提高医院的医疗水平，满足不同人群的就医需求，推动医院整体发展，更好地为患者服务，西安市人民医院院区（隶属于西安市人民医院（西安市第四医院））医疗综合楼负一层建设两间 DSA 手术室（即扩建数字减影血管造影设备（DSA）核技术利用项目，由中国建筑西北设计研究院有限公司（资质：甲级 A161002630）设计），并配备两台 DSA，用于介入诊断及辅助治疗。

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规的规定，使用射线装置的单位应当在申请许可证前编制环境影响评价文件。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（环境保护部令第 44 号）及其修改单（生态环境部令第 1 号修改）中“五十、核与辐射 191、核技术利用建设项目”中“生产放射性同位素的（制备 PET 用放射性药物的除外）；使用 I 类放射源的（医疗使用的除外）；销售（含建造）、使用 I 类射线装置的；甲级非

密封放射性物质工作场所”应编制环境影响报告书，“制备 PET 用放射性药物的；医疗使用 I 类放射源的；使用 II 类、III 类放射源的；生产、使用 II 类射线装置的；乙、丙级非密封放射性物质工作场所；在野外进行放射性同位素示踪试验的”应编制环境影响报告表。本项目拟新增的数字减影血管造影设备（DSA）属于 II 类射线装置，应编制环境影响报告表。

为此，西安市统一建设管理办公室委托我公司承担该项目的环境影响评价工作。接受委托后，我公司立即组织技术人员进行现场勘察，收集、整理有关资料，对项目的建设情况进行了初步分析，并根据项目的应用类型及项目所在地周围区域的环境特征，在现场勘察、资料调研、预测分析的基础上，按照《辐射环境保护管理导则—核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的基本要求，编制了《西安市人民医院（西安市第四医院）扩建数字减影血管造影设备（DSA）核技术利用项目环境影响报告表》。

二、项目概况

1、设备基本情况

项目拟在 DSA 手术室内新增 2 台 Uniq FD20C 型数字减影血管造影设备（DSA），为 II 类射线装置。项目涉及的 DSA 设备基本情况见表 1-1。

表 1-1 数字减影血管造影设备（DSA）基本信息表

设备名称	数字减影血管造影设备（DSA）
设备型号	Uniq FD20C
生产厂家	荷兰飞利浦
主要参数	最大管电压：125kV；最大管电流：1000mA

2、建设地点及规模

西安市人民医院院区位于航天东路与航拓路东北角。地理坐标为经度：108°59'53.0"，纬度：34°09'57.7"。医院地理位置图见图 1-1。西安市人民医院院区东侧为规划道路，南侧为枣园新区，西侧紧邻航天东路，便于周围居民就医，北侧为西安佳为科技产业基地。医院四邻关系图见图 1-2。

根据建设单位提供的资料，该院区一期规划建设 1 栋医疗综合楼、1 栋感染病楼、1 栋核医学楼、1 栋办公科研楼及报告厅、1 座食堂、1 栋后勤保障综合楼等以及锅炉房、制氧站、太平间、垃圾处理站等配套辅助工程，二期规划建设 1 栋住院大楼等。项目位于医疗综合楼（目前该楼主体工程已完成），医疗综合楼东侧为办公科研楼、感染病房

楼，南侧为大门（主入口），西侧为院区道路，北侧为地下车库，东北侧为核医学科和食堂等。医院总平面布置情况见图 1-3。

项目位于医疗综合楼负一层，总建筑面积约 1200m²，主要建设内容为 2 间 DSA 手术室及相关辅助用房。DSA 手术室总的有效使用面积约 100m²，其中 DSA①手术室尺寸为长 6.95m×宽 6.95m，有效使用面积为 48.30m²，DSA②手术室尺寸为长 7.4m×宽 6.7m，有效使用面积为 49.58m²。手术室周边设洁净走廊、控制室、护士站、刷手池、设备间、污物通道等辅助用房，评价范围内还包括污洗室、谈话间、导管室、留观室、更衣室和医生办公室等。

项目 DSA①手术室建设情况见表 1-2，DSA②手术室建设情况见表 1-3。

表 1-2 DSA①手术室屏蔽措施一览表

位置	屏蔽措施
东墙	100mm 轻质隔墙+4.0mmPb 当量 BaSO ₄ 防护涂料
南墙	100mm 轻质隔墙+4.0mmPb 当量 BaSO ₄ 防护涂料
西墙	南段：240mm 混凝土墙+4.0mmPb 当量 BaSO ₄ 防护涂料
	北段：240mm 空心砖墙+4.0mmPb 当量 BaSO ₄ 防护涂料
北墙	100mm 轻质隔墙+4.0mmPb 当量 BaSO ₄ 防护涂料
屋顶	1200mm 隔层材料+4.0mmPb 当量铅板
地板	4.0mmPb 当量 BaSO ₄ 防护涂料（地下为土层，可不作防护）
观察窗	5mmPb 当量的铅玻璃
工作人员防护门	4mmPb 当量手动单开门
患者进出门	4mmPb 当量电动推拉门
污物间门	4mmPb 当量手动单开门

表 1-3 DSA②手术室屏蔽措施一览表

位置	屏蔽措施
东墙	240mm 空心砖墙+4.0mmPb 当量 BaSO ₄ 防护涂料
南墙	100mm 轻质隔墙+4.0mmPb 当量 BaSO ₄ 防护涂料
西墙	南段：240mm 混凝土墙+4.0mmPb 当量 BaSO ₄ 防护涂料
	北段：240mm 空心砖墙+4.0mmPb 当量 BaSO ₄ 防护涂料
北墙	100mm 轻质隔墙+4.0mmPb 当量 BaSO ₄ 防护涂料
屋顶	1200mm 隔层材料+4.0mmPb 当量铅板

地板	4.0mmPb 当量 BaSO ₄ 防护涂料（地下为土层，可不做防护）
观察窗	5mmPb 当量的铅玻璃
患者进出门	4mmPb 当量电动推拉门
污物间门	4mmPb 当量手动单开门

3、项目总平面布置情况

根据建设单位提供的资料及现场踏勘，项目 DSA①手术室北侧为设备间 1 和污物通道，东侧为控制室和护士站，南侧为洁净走廊，西侧为楼梯间、水井、风井间；DSA②手术室北侧为设备间 2 和污物通道，东侧为医护走廊，南侧为洁净走廊，西侧为控制室、刷手池、护士站。DSA 手术室地下为土层（无建筑物、构筑物），楼上（1F）为大厅和其他办公场所。本项目手术室及周边辅助用房环境关系见图 1-4。

4、劳动定员及工作负荷

根据建设单位提供的资料，DSA 手术室拟配备放射工作人员 8 名，其中医师 2 名，技师 2 名，护士 4 名。放射工作人员均应参加辐射安全与防护培训，持证上岗。上岗前应进行职业健康检查。项目投入使用后，预计每年每台设备最多手术 300 例。



图 1-2 西安市人民医院院区四邻关系图

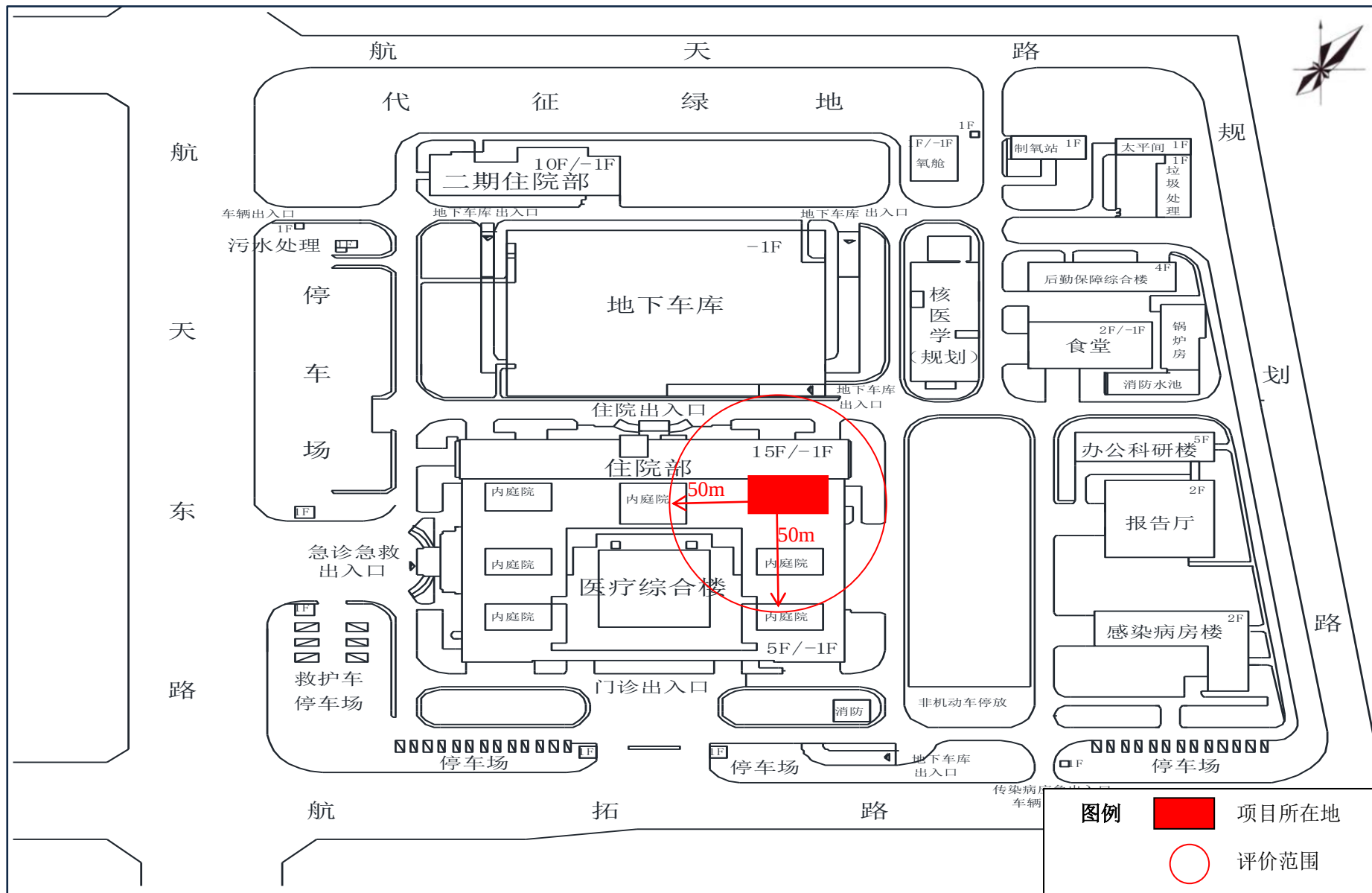


图 1-3 西安市人民医院院区总平面布置图

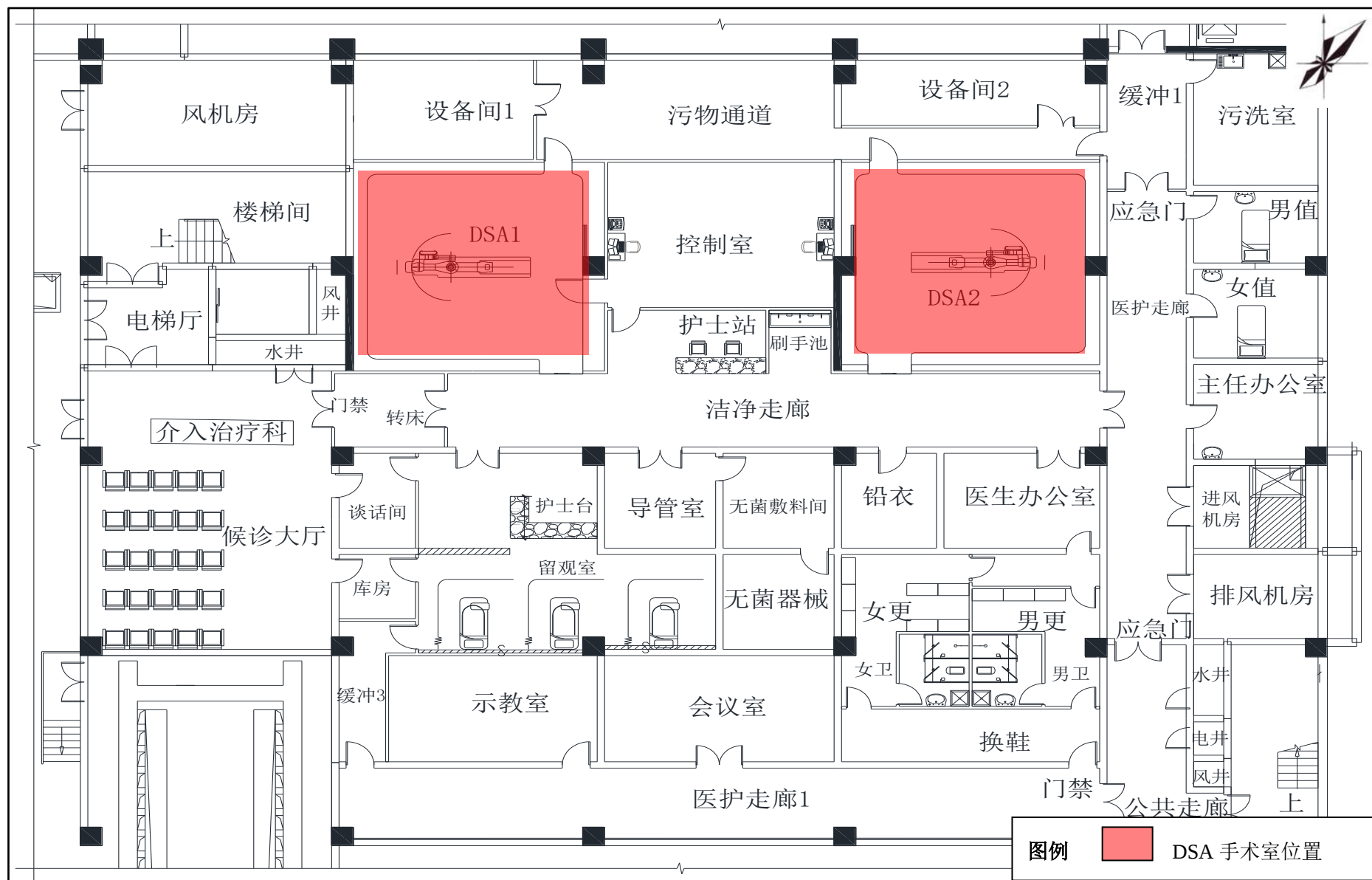


图 1-4 医疗综合楼负一层介入中心平面布置图

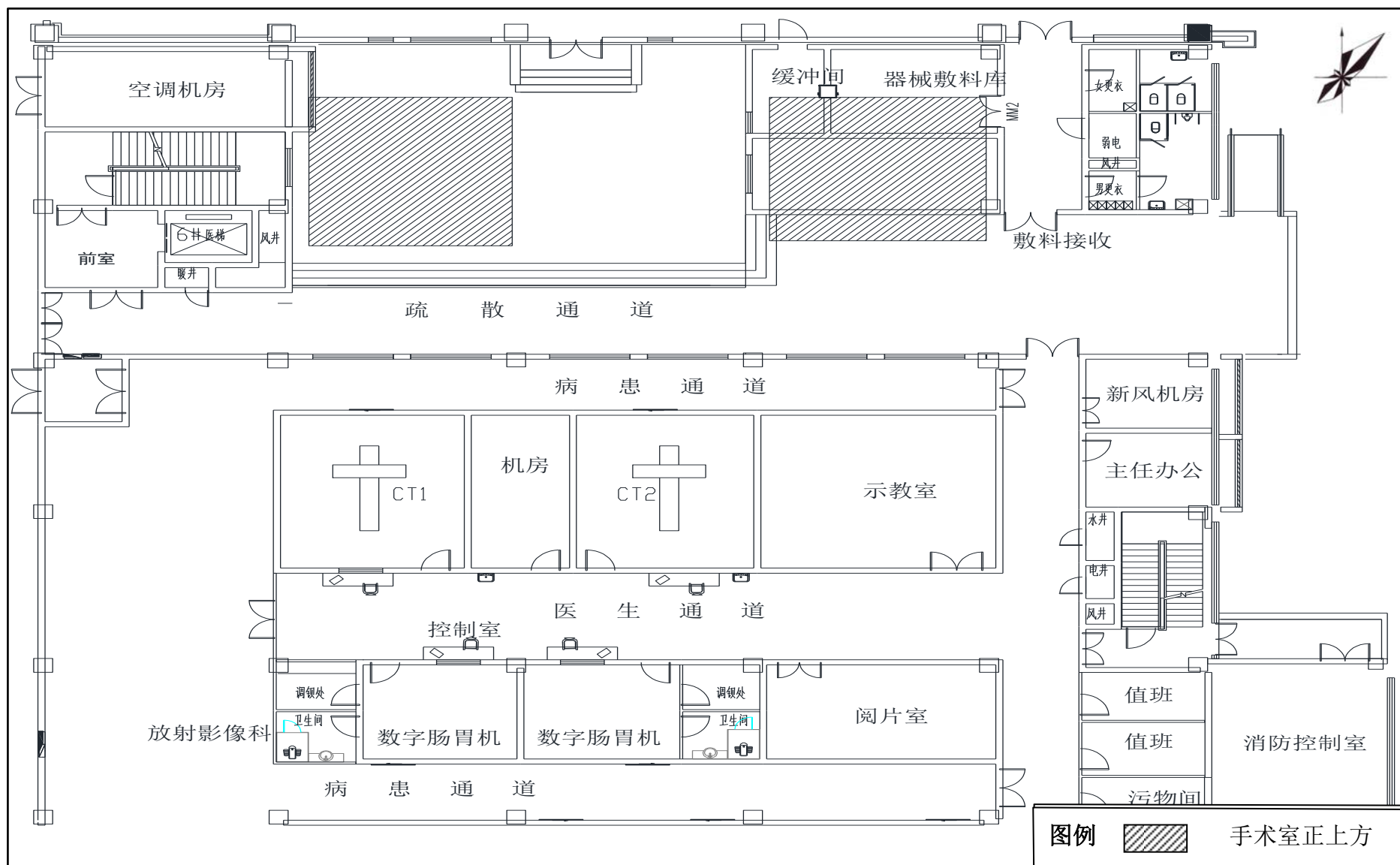


图 1-5 医疗综合楼一层部分（介入中心上方）平面布置图

三、项目选址及周边环境概况

1、周边环境关系

西安市人民医院院区位于航天东路与航拓路东北角，其东侧为规划道路，南侧为枣园新区，西侧紧邻航天东路，便于周围居民就医，北侧为西安佳为科技产业基地。医院地理位置图见图 1-1，医院周边环境关系图见图 1-2。

2、医院总平面布置

西安市人民医院院区一期规划建设 1 栋医疗综合楼、1 栋感染病楼、1 栋核医学楼、1 栋办公科研楼及报告厅、1 座食堂、1 栋后勤保障综合楼等以及锅炉房、制氧站、太平间、垃圾处理站等配套辅助工程，二期规划建设 1 栋住院大楼等。项目位于医疗综合楼（目前该楼主体工程已完成），医疗综合楼东侧为办公科研楼、感染病房楼，南侧为大门（主入口），西侧为院区道路，北侧为地下车库，东北侧为核医学科和食堂等。医院总平面布置情况见图 1-3。

3、DSA 手术室周边环境关系

项目位于医院医疗综合楼负一层东北侧，其中 DSA①手术室机房北侧为设备间 1 和污物通道，东侧为控制室和护士站，南侧为洁净走廊，西侧为楼梯间、水井、风井间；DSA②手术室机房北侧为设备间 2 和污物通道，东侧为医护走廊，南侧为洁净走廊，西侧为控制室、护士站、刷手池。DSA 手术室地下为土层（无建筑物、构筑物），楼上（1F）为大厅和其他办公场所。

项目机房及周边辅助用房环境关系见表 1-4。

表 1-4 项目周边环境关系一览表

相对位置	周边环境（DSA①）	周边环境（DSA②）
东侧	控制室、护士站	医护走廊
南侧	洁净走廊	洁净走廊
西侧	风井、水井、楼梯间	控制室、护士站、刷手池
北侧	设备间 1、污物走廊	设备间 2、污物走廊
楼上（1F）	大厅	其他办公场所
楼下	土层	土层

四、医院已有核技术利用项目许可情况

西安市人民医院交由西安市第四医院组建、运营、管理，根据“市编办函〔2019〕97号”文件，实行一体化管理，按照“一个法人、一院两区”的模式运营。两院实行一体化管理后，机构名称调整为“西安市人民医院（西安市第四医院）”。

西安市第四医院已有核技术利用项目情况如下：

西安市第四医院2010年新增数字减影设备1台（II类射线装置），以及CT等III类射线装置8台，2010年9月14日陕西省生态环境厅（原陕西省环境保护厅）对该项目环境影响报告表进行了批复（陕环批复〔2010〕439号）；2014年8月15日陕西省生态环境厅（原陕西省环境保护厅）对该项目进行了竣工环境保护验收的批复（陕环批复〔2014〕460号）。2015年医院新增加8台III类射线装置（一台移动小C臂X线机、一台移动X线摄片机、一台高频乳腺机、一台DR拍片机、三台数字X线摄片机、一台数字化乳腺摄片机），该项目环境影响登记表于2015年9月24日由西安市环保局新城分局进行了批复（市环新批复〔2015〕125号）；2016年7月25日西安市环保局新城分局对该项目7台III类射线装置（不含一台高频乳腺机）进行了竣工环保验收的批复（市环新验批复〔2016〕37号）。

2016年8月3日，陕西省生态环境厅（原陕西省环境保护厅）对西安市第四医院重新申领辐射安全许可证进行了批复（陕环批复〔2016〕392号），向西安市第四医院重新核发了辐射安全许可证，许可证编号：陕环辐证〔00317〕，有效期至2021年7月28日。许可项目：使用II、III类射线装置，许可项目内容：使用1台数字减影血管造影机（属II类）、使用DR拍片机、数字胃肠机、移动小C臂、牙科X拍片机、16排CT机各1台、数字乳腺拍片机2台、数字X摄片机、移动X摄片机各3台（均属III类），共14台。

辐射安全许可证核准的种类和范围见表1-5。

表 1-5 陕环辐证[00317]号核准的种类和范围

序号	装置名称	类别	装置数量	活动种类
1	DR 拍片机	III	1	使用
2	数字胃肠机	III	1	使用
3	牙科 X 线摄片机	III	1	使用

4	数字化减影血管造影 X 线机	II	1	使用
5	移动 X 线摄片机	III	3	使用
6	数字 X 线摄片机 DR	III	3	使用
7	移动小 C 型摄片机	III	1	使用
8	数字化乳腺摄片机	III	2	使用
9	16 排螺旋 CT	III	1	使用

五、医院现有的辐射安全管理

西安市第四医院严格遵守《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》及《陕西省放射性污染防治条例》等相关放射性法律、法规，配合各级环保部门监督和指导，辐射防护设施运行、维护、检测工作良好，在辐射安全和防护制度建立、落实以及档案管理等方面运行良好。

(1) 医院已制定《全国核技术利用辐射安全申报系统运行管理制度》、《西安市第四医院射线装置管理制度》、《辐射工作人员培训管理制度及培训计划》、《辐射防护监测制度》、《辐射设备维护、维修制度》、《辐射工作人员个人剂量管理制度》、《职业健康监护及档案管理制度》等制度，并严格按照规章制度执行。

(2) 为加强对辐射安全和防护管理工作，医院成立了辐射防护管理领导小组，明确了相关成员的辐射防护责任，并加强了对放射性同位素与射线装置的监督和管理。

(3) 医院放射工作场所设置有电离辐射警示牌、报警装置和工作指示灯。

(4) 医院现有辐射工作人员共50人，均参加了环保部门组织的辐射防护与安全培训，接受辐射防护安全知识和法律法规教育，并取得培训合格证书。

(5) 医院对从事放射性工作的医务人员进行了职业性健康体检，2019年11月26日至2019年12月20日，放射工作人员职业健康检查共计74人，其中岗前体检13人，在岗体检61人（包含现有辐射工作人员50人）。医院建立了职业健康体检报告档案并存档。

(6) 医院每年均对射线装置工作场所及周围环境进行了辐射防护监测，并向陕西省生态环境厅提交了《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》。

西安市第四医院严格执行按照陕西省生态环境厅的各项要求，并且认真履行各项规章制度。每年接受省辐射监督管理站、西安市生态环境局监督检查和环境辐射监测，历次接受检查中未发现违法问题。

六、辐射能力评价

西安市人民医院与西安市第四医院实行一体化管理，按照“一个法人，一院两区”的模式运营。西安市第四医院已取得陕西省环保厅核发的辐射安全许可证，依据相关法律、法规，积极配合各级环保部门监督和指导，辐射防护设施运行、维护、检测工作良好，在辐射安全和防护制度建立、落实以及档案管理等方面运行良好。本项目运行后，将纳入西安市第四医院现有管理体系，因此西安市人民医院院区具备从事本项目的辐射能力。

表 2 放射源

序号	核素名称	放射性活度 (Bq) / 活度 (Bq) × 枚数	类别	活动类别	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注: 1.放射源包括放射性中子源, 对其要说明是何种核素以及生产的中子流强度 (n/s)。

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大 操作量 (Bq)	日等效最大 操作量 (Bq)	年最大用 量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型探伤机

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

(二) X 射线机：包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	DSA	II	2	Uniq FD20C	125	1000	介入诊断/辅 助治疗	医疗综合楼负一 层东北侧介入科	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大靶电流 (mA)	中子强度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活 度 (Bq)	贮存 方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，气态单位为 mg/kg；年排放总量用 kg。

2.含有放射性的废弃物要注明，其排放浓度年排放总量分别用比活度（Bq/L，或 Bq/kg，或 Bq/m³）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

法规文件	(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日施行； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日起施行； (3) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 682 号修改，2017 年 10 月 1 日发布施行； (4) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日起施行； (5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令第 709 号第二次修订，2019 年 3 月 2 日； (6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环保部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行； (7) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，生态环境部令第 1 号修改，2018 年 4 月 28 日； (8) 《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 6 日起施行； (9) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，生态环境部令第 7 号第三次修改，2019 年 8 月 22 日； (10) 《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，2006 年 9 月 26 日起施行； (11) 《放射工作人员职业健康管理办法》，中华人民共和国卫生部令第 55 号,2007 年 11 月 1 日施行； (12) 《陕西省放射性污染防治条例》，陕西省人大，2014 年 10 月 1 日起施行（2019 年修正）； (13) 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》的通知（陕环办发〔2018〕29 号），2018 年 6 月 6 日起施行。
技术标准	(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016）； (2) 《辐射环境保护管理导则-核技术利用建设项目 环境影响评价文

	件的内容和格式》（HJ10.1-2016）； （3）《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）； （4）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； （5）《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）； （6）《职业性外照射个人检测规范》（GBZ128-2019）； （7）《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》（GB/T14583-93）。
其他	与本项目相关附件： （1）环境影响评价委托书； （2）建设单位提供的其他相关资料。

表 7 保护目标和评价标准

一、评价范围

项目新增使用 2 台 Uniq FD20C 型数字减影血管造影设备（DSA），为 II 类射线装置，项目涉及的放射性环境污染因素主要为 X 射线电离辐射。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）中“放射源和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 范围）”。结合西安市人民医院院区总平面布置图，确定项目评价范围为 DSA 机房边界周围 50m 的区域作为环境影响评价范围。项目环境影响评价范围见图 1-3。

由于本项目位于医疗综合楼负一层，综合楼东侧和北侧边界以外为土层，无建筑物、构筑物，不可能有人员出入，故东侧和北侧的评价范围以综合楼负一层边界为准。南侧和西侧 50m 内为医疗综合楼内部，因此评价范围选取负一层区域内南侧和西侧 50m 范围内，东侧和北侧为负一楼建筑边界范围内。

二、主要环境保护目标

项目辐射环境影响主要为 DSA 手术室机房，环境保护目标主要为职业工作人员及公众，职业工作人员为进行 DSA 操作的医护工作人员，公众为 DSA 手术室实体屏蔽边界外 50m 范围内其他医务人员、患者、患者家属及公众。项目主要环境保护目标情况见表 7-1。

表 7-1 环境保护目标一览表

保护目标	相对位置		环境保护目标	距离	规模	保护内容	控制目标
职业人员	DSA 手术室		介入手术医护人员	/	8 人	年有效剂量	年有效剂量不大于 5mSv
	控制室		设备操作人员	/	8 人		
公众	东侧	医护走廊、医生值班室	其他医务人员	5m	4 人		年有效剂量不大于 0.25mSv
	南侧	洁净走廊、介入辅助用房	其他医务人员、患者	4m	流动人员		
	西侧	风井、水井间、电梯间、楼梯间	其他工作人员、患者、患者家属和其他公众	4m	流动人员		
	北侧	污物通道	其他工作人员	4m	流动人员		

	上方	大厅及其他办公场所	一层其他科室工作人员	6m	流动人员		
		负一层介入中心西侧	停车场停留人员	50m 范围内	流动人员		
		负一层介入中心东侧、北侧、南侧	其他工作人员	50m 范围内	流动人员		

三、评价标准

1、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

根据标准附录 B1.1 职业照射和 B1.2 公众照射,对人员受照剂量限值规定如下:

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。

B1.2.1 实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值:

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。

2、《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）

4.7 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。

4.7.5 X 射线设备在确保铅屏风和床侧铅挂帘等防护设施正常使用的情况下,按附录 B 中 B.1.2 的要求,在透视防护区测试平面上的空气比释动能率应不大于 400 μ Gy/h。

5 X 射线设备机房防护设施的技术要求

5.1 X 射线设备机房（照射室）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。

5.2 每台 X 射线机（不含移动式 and 携带式床旁摄影机与车载 X 射线机）应设有单独的机房,机房应满足使用设备的空间要求。对新建、改建和扩建的 X 射线机房,其最小有效使用面积、最小单边长度应不小于表 7-2 要求。

表 7-2 X 射线设备机房（照射室）使用面积及单边长度

设备类型	机房内最小有效使用面积 (m ²)	机房内最小单边长度 (m)
CT 机	30	4.5
双管头或多管头 X 射线机 ^a	30	4.5
单管头 X 射线机 ^b	20	3.5
透视专用机 ^c 、碎石定位机、口腔 CT 卧位扫描	15	3
乳腺机、全身骨密度仪	10	2.5
牙科全景机、局部骨密度仪、口腔 CT 坐位扫描 / 站位扫描	5	2
口内牙片	3	1.5

^a 双管头或多管头 X 射线机的所有管球安装在同一间机房内。

^b 单管头、双管头或多管头 X 射线机的每个管球各安装在 1 个房间内。

^c 透视专用机指无诊断床、标称管电流小于 5mA 的 X 射线机。

5.3 X 射线设备机房屏蔽防护应满足如下要求：

a) 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护应不小于表 7-3 要求。

表 7-3 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

机房类型	有用线束方向铅当量 mm	非有用线束方向 铅当量 mm
标称 125kV 以上的摄影机房	3	2
标称 125kV 及以下的摄影机房、口腔 CT、牙科 全景机房（有头颅摄影）	2	1
透视机房、全身骨密度仪机房、口内牙片机房、 牙科全景机房（无头颅摄影）、 乳腺机房	1	1
介入 X 射线设备机房	2	2
CT 机房	2（一般工作量） ^a ；2.5（较大工作量） ^a	
^a 按 GBZ/T 180 的要求		

b) 医用诊断 X 射线防护中不同铅当量屏蔽物质厚度的典型值参见附录 D。

c) 应合理设置机房的门、窗和管线口位置，机房的门和窗应有其所在墙壁相同的防护厚度。设于多层建筑中的机房（不含顶层）顶棚、地板（不含下方无建筑物的）应满足相应照射方向的屏蔽厚度要求。

d) 带有自屏蔽防护或距 X 射线设备表面 1m 处辐射剂量水平不大于 2.5μGy/h

时，可不使用带有屏蔽防护的机房。

5.4 在距机房屏蔽体外表面 0.3m 处，机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

a) 具有透视功能的 X 射线机在透视条件下检测时，周围剂量当量率控制目标值应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，测量时，X 射线机连续出束时间应大于仪器响应时间。；

b) CT 机、乳腺摄影、口内牙片摄影、牙科全景摄影、牙科全景头颅摄影和全身骨密度仪机房外的周围剂量当量率控制目标值应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；其余各种类型摄影机房外人员可能受到照射的年有效剂量约束值应不大于 0.25mSv ；测量时，测量仪器读出值应经仪器响应时间和剂量检定因子修正后得出实际剂量率。

5.5 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患者和受检者状态。

5.6 机房内布局要合理，应避免有用线束直接照射门、窗和管线口位置；不得堆放与该设备诊断工作无关的杂物；机房应设置动力排风装置，并保持良好的通风。

5.7 机房门外应有电离辐射警告标志、放射防护注意事项、醒目的工作状态指示灯，灯箱处应设警示语句；机房门应有闭门装置，且工作状态指示灯和与机房相通的门能有效联动。

5.8 患者和受检者不应在机房内候诊；非特殊情况，检查过程中陪检者不应滞留在机房内。

5.9 每台 X 射线设备根据工作内容，现场应配备不少于表 7-4 基本种类要求的工作人员、患者和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防护衣；防护用品和辅助防护设施的铅当量应不低 0.25mmPb ；应为不同年龄儿童的不同检查，配备有保护相应组织和器官的防护用品，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不低于 0.5mmPb 。

表 7-4 个人防护用品和辅助防护设施配置要求

放射检查 类型	工作人员		患者和受检者	
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施
介入放射 学操作	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜 选配：铅橡胶手套	铅悬挂防护屏、铅防护帘、床侧防护屏、床侧防护帘 选配：移动铅屏风	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、阴影屏蔽器具	—

注：“—”表示不要求。

3、环评要求年剂量约束值及控制水平

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）和《医用X射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）中“辐射防护安全与最优化原则”。项目评估分别对职业照射和公众照射的年受照剂量约束值分别进行了设定：

（1）取职业照射年有效剂量限值的1/4，作为放射性工作人员的年受照剂量约束值，即5mSv/a；

（2）取公众年有效剂量限值的1/4，作为周围公众的年受照剂量约束值，即0.25mSv/a。

表 8 环境质量和辐射现状

一、项目地理位置及场所位置

1、医院地理位置

西安市人民医院院区位于西安市航天东路与航拓路东北角。

医院地理位置见图 1-1，周边环境关系见图 1-2，医院总体平面布局图见图 1-3。

2、场所位置

项目位于西安市人民医院院区医疗综合楼负一层东北侧。

项目在医院内的位置示意图见图 1-3。项目平面布局图见图 1-4。

二、辐射环境质量现状

为了解项目 DSA 手术室及周边环境的 γ 辐射水平现状，本次环评引用了 2020 年 06 月 10 日陕西新高科辐射技术有限公司对项目 DSA 手术室及周边环境进行的 γ 辐射本底值检测报告中相关数据(检测报告编号: FHJC-SXGK-002020507, 见附件 2)。检测仪器相关情况见表 8-1。检测结果见表 8-2。

1、检测使用仪器

检测仪器相关情况见表 8-1。

表 8-1 项目检测仪器相关情况一览表

名称 / 编号	量程 $\mu\text{Sv/h}$	检定单位	证书编号	检定有效期限
X. γ 辐射剂量当量率仪 AT 1123-54637	0.05 $\mu\text{ Sv/h}$ ~ 10Sv/h	中国计量科学 研究院	DLjl2019- 01852	2019.12~ 2020.12

2、质量保证措施:

项目辐射环境质量现状检测仪器满足国家要求，适用于环境 γ 辐射本底水平监测，且该仪器经过具有一级剂量认证资质的单位（中国计量科学研究院）进行仪器检验合格。监测人员持证上岗；监测数据根据监测单位质量管理体系的要求执行三级审核制度。

3、检测结果及评价

项目辐射环境质量现状检测结果见表 8-2。

表 8-2 辐射环境质量现状检测结果

点 位 编 号	点位描述	DSA①检测结果 ($\mu\text{Sv/h}$)		点 位 编 号	点位描述	DSA②检测结果 ($\mu\text{Sv/h}$)	
		范围	平均值			范围	平均值
1	机房内	0.11~0.13	0.13	1	机房内	0.11~0.13	0.12
2	机房内	0.11~0.13	0.13	2	机房内	0.11~0.13	0.12
3	机房内	0.11~0.13	0.12	3	机房内	0.11~0.13	0.12
4	机房内	0.11~0.13	0.12	4	机房内	0.11~0.13	0.12
5	机房内	0.11~0.13	0.12	5	机房内	0.11~0.13	0.12
6	机房内	0.11~0.13	0.13	6	机房内	0.11~0.13	0.12
7	机房内	0.11~0.13	0.12	7	机房内	0.11~0.13	0.12
8	机房内	0.11~0.13	0.12	8	机房内	0.11~0.13	0.12
9	机房内	0.11~0.13	0.12	9	机房内	0.11~0.13	0.12
10	工作人员进 出门	0.11~0.13	0.12	—	—	—	—
11	患者进出门	0.11~0.13	0.12	10	患者进出门	0.11~0.13	0.12
12	观察窗	0.11~0.13	0.12	11	观察窗	0.11~0.13	0.12
13	北邻设备间 1	0.11~0.13	0.12	—	—	—	—
14	北墙外（污 道）	0.11~0.13	0.12	12	北墙外（污道）	0.11~0.13	0.12
15	南墙外（走 廊）	0.11~0.13	0.12	13	南墙外（走廊）	0.11~0.13	0.12
16	东邻护士台	0.11~0.13	0.12	14	东墙外（走廊）	0.11~0.13	0.12
17	控制室墙	0.11~0.13	0.12	15	控制室墙	0.11~0.13	0.12
18	西邻楼梯间	0.11~0.13	0.12	16	西邻刷手池	0.11~0.13	0.12
19	污物门	0.11~0.13	0.12	17	污物门	0.11~0.13	0.13
—	机房楼上 （空房间）	0.11~0.13	0.12	—	机房楼上 （空房间）	0.11~0.13	0.12

表 8-3 为《陕西省环境伽玛辐射剂量水平现状研究》（1988 年 11 月）中陕西省西安市 γ 辐射空气吸收剂量率天然辐射水平。

表 8-3 西安市环境天然放射性 γ 辐射空气吸收剂量率调查结果 (nGy/h)

范围	原野	道路	室内
	50~117	52~121	79~130
均值	71	76	110
标准差	17	20	19

由表8-2可知，项目DSA手术室机房及周边环境的 γ 辐射水平在0.11~0.13 μ Sv/h范围内。结合表8-3可知，本项目辐射环境本底值基本与《陕西省环境伽玛辐射剂量水平现状研究》（1988年11月）中陕西省西安市的结果处于同一水平。表明，项目所在地辐射环境现状无异常，项目所在区域辐射环境现状质量良好。

项目场地现状见图 8-1。



(1) 医疗综合楼外景



(2) 建设单位俯瞰效果图



(3) DSA①机房内景



(4) DSA②机房内景

图 8-1 项目场地现状图

表 9 项目工程分析与源项

一、工程设备和工艺分析

1、设备组成

DSA（Digital Substraction Angiography，数字减影血管造影系统）因其整体结构像大写的“C”，因此也称作 C 型臂 X 光机。DSA 设备主要由 X 射线发生系统、影像接收器和显示系统、影像处理和系统控制部分、机架系统和导管床、影像存储和传输系统、防护屏及防护铅帘等构成。

常见数字减影血管造影机外观见图 9-1。

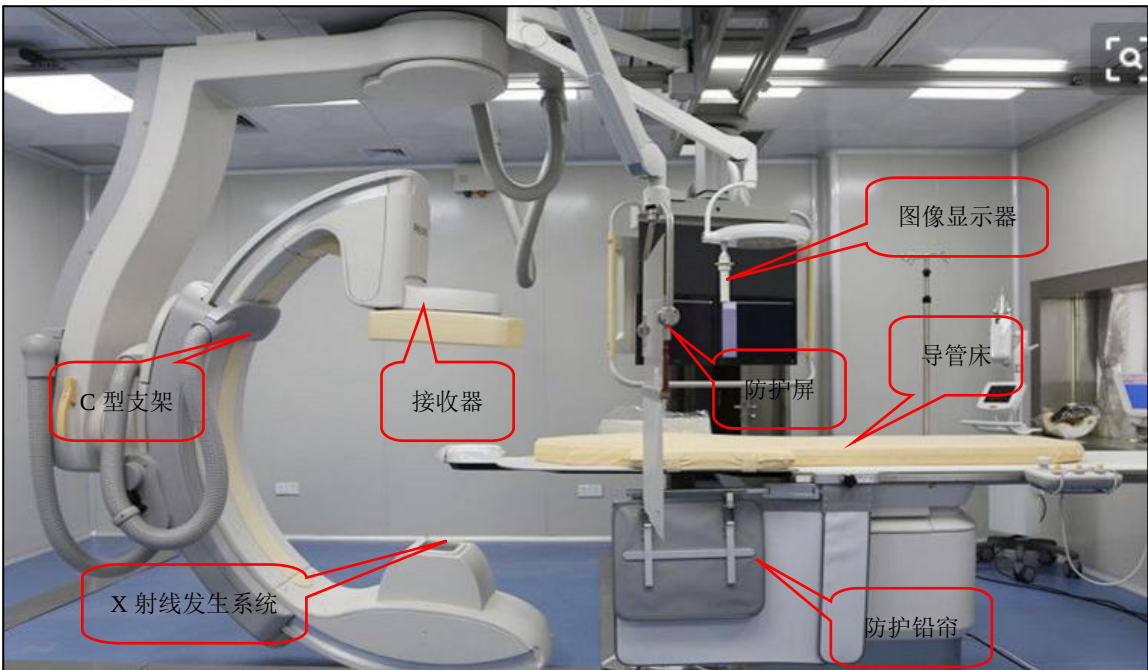


图 9-1 数字减影血管造影机外观图

2、DSA 工作原理

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，得到一个只有造影剂的血管图像。这种图像较以往所用的常规脑血管造影所显示的图像更清晰和直观，一些精细的血管结构亦能显示出来，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显示。由于造影剂用量少，浓度低，损伤小、较安全。通过DSA处理的图像，使血管的影像更为清晰，在进行介入手术时更为安全。在进行DSA手术时，

医务人员将介入导管经皮下静脉注入血管，通过DSA自带的X射线成像系统，将导管在血管内的影像显现出来。通过DSA处理的图像，使血管的影像更为清晰，在进行介入手术时更为安全。DSA工作示意图见图9-2。

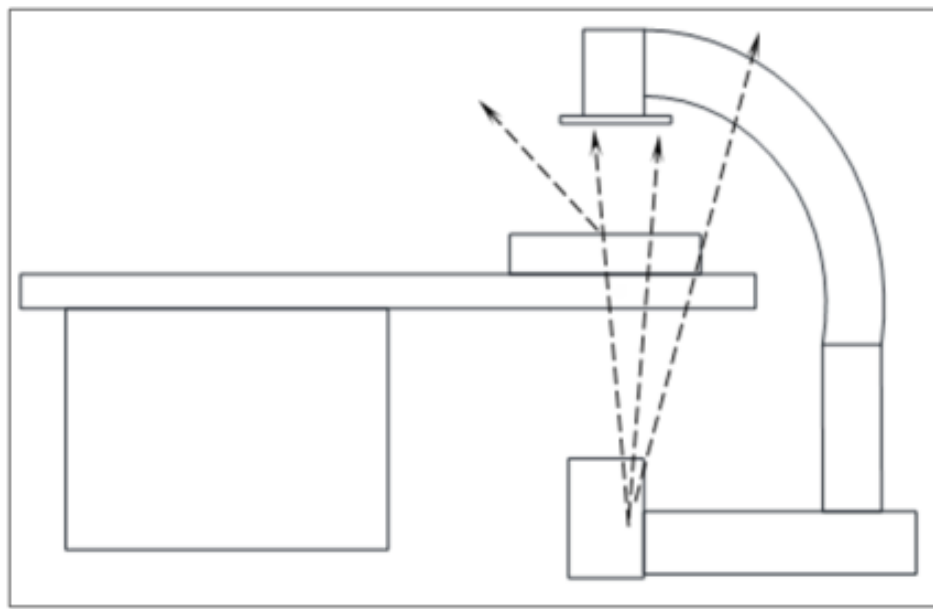


图 9-2 DSA 工作示意图

3、操作流程

使用 DSA 进行介入手术的基本操作流程如下：

（1）术前准备。医生及患者佩戴相关防护用品。开机，检测相关设备状态，按照病人的个体情况、治疗部位的特性制定检查模式、X 线发生模式、采集频率、采集视野等；

（2）拍片。按顺序摄制蒙片，注射造影剂，摄制含造影剂的图片，制作血管造影片，制作血管减影片；

（3）进行介入手术。根据检查过程中获取图像的质量和检查需求，修正 X 线的强度、照射野、采集频率、高压注射器速率等，以提高影响质量和减少患者接受的额外辐射。根据需要连续曝光进行实时血管成像。

4、污染因子

DSA 污染因子为 DSA 工作时产生的 X 射线，其工作流程及产污环节见图 9-3 所示。

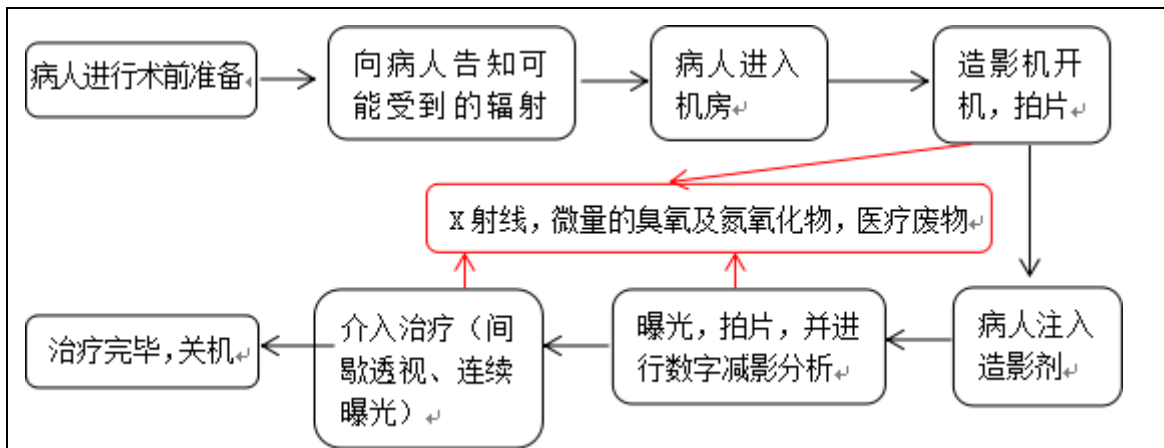


图 9-3 DSA 工作流程及产污环节示意图

二、污染源项描述

1、正常工况下污染途径

（1）放射性污染

项目数字减影血管造影机（DSA）为Ⅱ类射线装置，数字减影血管造影机（DSA）开机时发出X射线，X射线贯穿机房的屏蔽墙进入外环境，对控制室职业人员及机房周围公众人员产生外照射影响；在介入手术过程中，对机房内操作的医护人员造成较高剂量的外照射；关机即消失。因此，在开机出束期间，X射线是主要污染因子。

DSA 固定在手术室内，在隔室操作时，如果设备安全和防护措施到位，手术室外的工作人员基本不会受到 X 射线的外照射影响。手术室内由于介入放射的特殊性，进行手术操作的医生、其他医护人员、患者可能长时间暴露在 X 射线，将会受到较大外照射影响，特别是长期参与介入手术的医生累积接受的射线剂量可能更高；X 射线贯穿机房的屏蔽墙进入外环境，对控制室职业人员及机房周围公众人员也会产生外照射影响。因此，需要注意手术室内的辐射防护与管理。

（2）废气

X 射线与空气作用会产生极少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，由于项目射线装置的管电压、管电流较小，产生的有害气体相对较少。通过在机房顶部设置的排风装置，可满足机房通风换气要求，对公众和环境影响很小。

（3）废水

项目DSA装置采用先进的数字显影技术，注入的造影剂不含放射性，无废显影液和定影液产生；工作人员在工作中所产生的生活污水量较小，污水进入医院

生活污水处理站，经处理达标后排入市政污水管网。

（4）固体废物

DSA 手术过程中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，不会产生废胶片。根据病人需要，打印出的胶片由病人自行带走；介入手术时产生的医用器具和药棉、纱布、手套等医疗废物，采用专用容器集中收集经污物通道转移至污洗室，然后就地打包、转移至医疗废物暂存间，统一委托有资质单位处置；生活垃圾经垃圾桶分类收集后，由环卫部门统一清运。

2、事故工况下污染途径

项目数字减影血管造影设备（DSA）属于Ⅱ类射线装置，运行过程中可能发生的辐射安全事故如下：

（1）射线装置发生控制系统或电器系统故障或人员疏忽将照射参数设置错误，使受检者或职业人员受到超剂量照射。

（2）医生在机房内为患者摆位或进行其它术前准备工作时，控制台处操作人员误开机出束，对机房内医生造成误照射。

（3）设备维修期间，维修人员在检修设备时，误开机出束，造成误照射。

（4）医生未穿戴防护用品进入机房，或未配置合格的防护用品，使医生受到较高剂量的附加照射。

（5）个人剂量当量连续四周期（一年）累积剂量超过 5.0mSv 时，或每季度个人剂量超过年累积剂量限值的 1/4（1.25mSv）。

表 10 辐射安全与防护

一、项目安全设施

1、辐射工作场所分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），辐射工作场所应分为控制区及监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。本次环评中根据国际放射防护委员会第 103 号出版物对控制区和监督区的定义：

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

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

项目位于西安市人民医院院区医疗综合楼负一层，介入中心通过隔离门与负一层其他功能区隔离，防止无关人员进入。根据机房的具体布局，将 DSA 手术室各防护门内的区域划分为控制区。机房周边的控制室间、设备间、医护走廊、楼梯间、电梯厅等划分为监督区，分区图见图 10-1 和图 10-2。

患者通道：患者在候诊大厅经过门禁进入洁净走廊，通过患者进出门进入 DSA①手术室和 DSA②手术室。

污物通道：手术产生的医疗废物由污物门进入污物通道，暂存至污洗室。

医生通道：控制室操作人员从洁净走廊经护士站进入控制室。DSA①手术室医生从洁净走廊进入控制室，由工作人员门进入手术室。DSA②手术室医生经洁净走廊从到患者进出门直接进入手术室。

手术室的患者通道、污物通道、医生通道示意图见图 10-1。

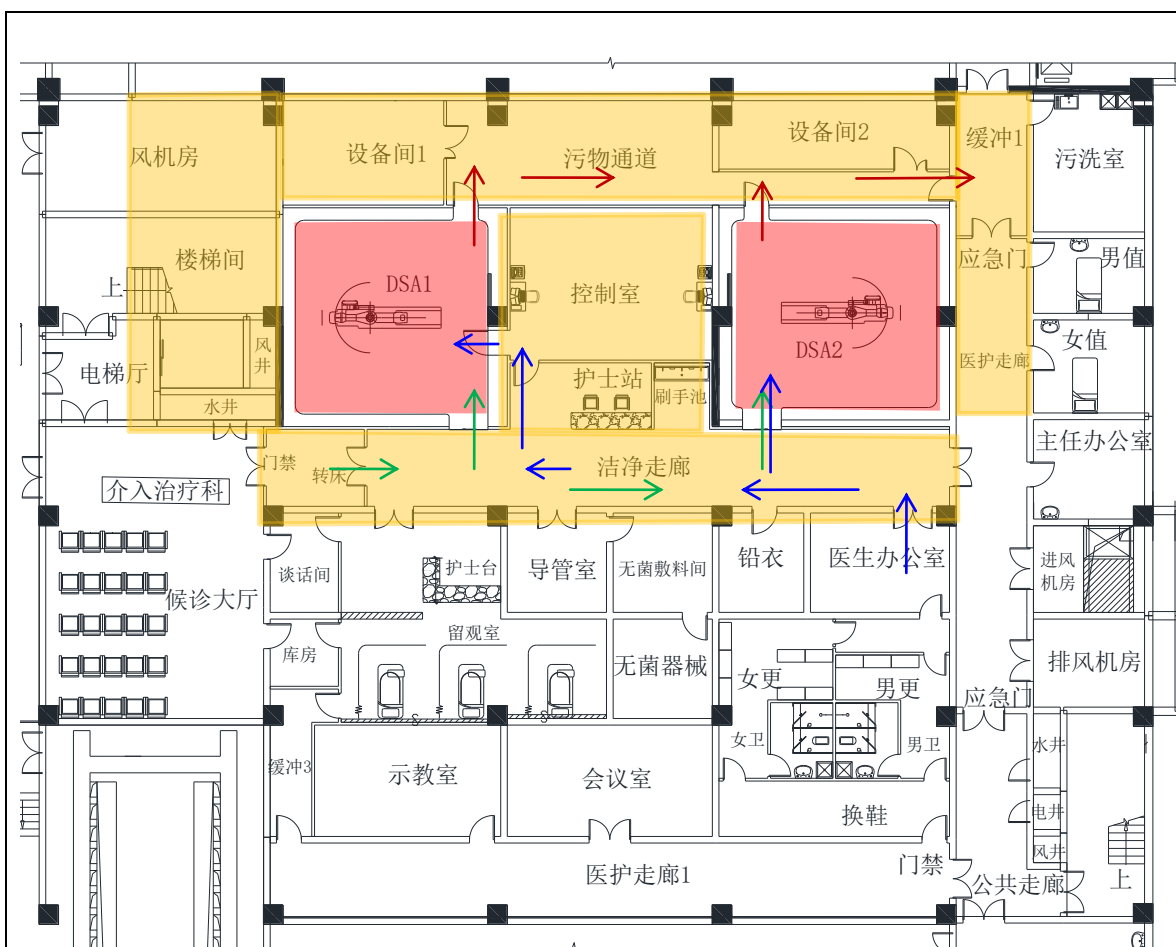


图 10-1 工作场所分区管理示意图（平面图）

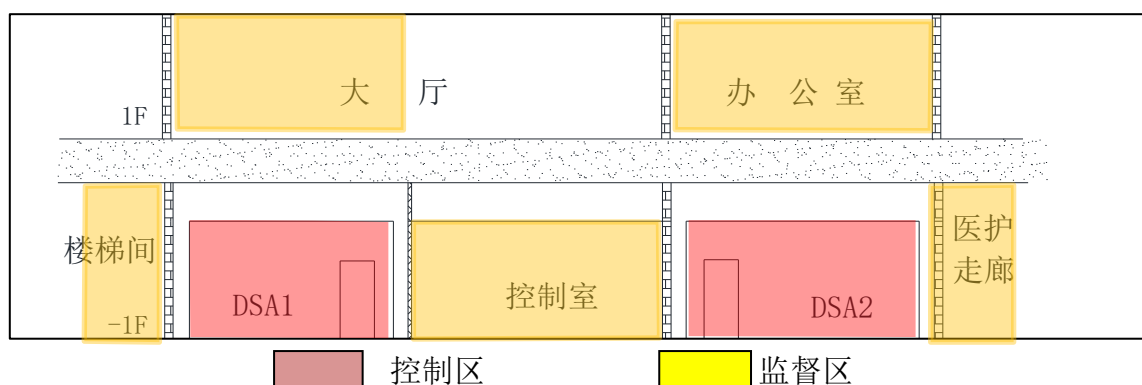


图 10-2 工作场所分区管理示意图（剖面图）

综上所述，项目 DSA 机房通过隔离门与负一层其他功能区隔离，防止无关人员进入；机房及周边功能房间均设置有电离辐射警示标识，DSA 辐射工作场所的分区较为合理。

2、辐射防护屏蔽设计

(1) 设备固有的主动防护技术

本次评价要求机房配备的 DSA 设备必须但不限于以下先进的主动防护技术：

①采用光谱过滤技术：在 X 射线管头或影像增强器的窗口处放置合适铝过滤板，以多消除软 X 射线以及减少二次散射，优化有用 X 射线谱。设备提供适应不同应用时可选用的各种形状与规格的准直器隔板和铝过滤板。

②配备相应的表征剂量的指示装置，配备在线监测表征输出剂量的指示装置，实现术中剂量实时监控、预警及报告。

③搭载智能剂量管理系统，对 X 线质量和参数的自动优化，其应用目的在于保持优异图像的基础上尽量降低剂量。

④透视操作中采用剂量节约方案，可以明显缩短总透视时间，达到减少不必要的照射。

⑤配备辅助防护设施。DSA 配备床下铅帘和悬吊铅帘、铅屏风（防护厚度均为 0.5mm 铅当量）等辅助防护用品与设施，在设备运行中可用于加强对有关人员采取放射防护与安全措施。

(2) 场所辐射屏蔽防护

不同屏蔽物质铅当量厚度参考《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ 130-2013）附录 D 进行计算。计算得 240mm 混凝土等效铅当量 3.38mmPb。

项目数字减影血管造影设备（DSA）最大管电压为 125kV，管电流为 1000mA。DSA 手术室四周墙体及门窗采取实体屏蔽，根据建设单位提供的图纸，屏蔽措施符合性分析见表 10-1、表 10-2。

表 10-1 DSA①手术室屏蔽措施符合性分析

位置	屏蔽措施	铅当量	标准要求 铅当量	评价
东墙	100mm 轻质隔墙+4.0mmPb 当量 BaSO ₄ 防护涂料	4.0mmPb	2mmPb	满足
南墙	100mm 轻质隔墙+4.0mmPb 当量 BaSO ₄ 防护涂料	4.0mmPb	2mmPb	满足
西墙	南段：240mm 混凝土墙（3.38mmPb）+4.0mmPb 当量 BaSO ₄ 防护涂料	7.38mmPb	2mmPb	满足
	北段：240mm 空心砖墙+4.0mmPb 当量 BaSO ₄ 防护涂料	4.0mmPb		
北墙	100mm 轻质隔墙+4.0mmPb 当量 BaSO ₄ 防护涂料	4.0mmPb	2mmPb	满足

屋顶	1200mm 隔层材料+4.0mmPb 当量铅板	4.0mmPb	2mmPb	满足
地板	4.0mmPb 当量 BaSO ₄ 防护涂料 (地下为土层, 可不作防护)	4.0mmPb	2mmPb	满足
观察窗	5mmPb 当量的铅玻璃	5.0mmPb	2mmPb	满足
工作人员 防护门	4mmPb 当量手动单开门	4.0mmPb	2mmPb	满足
患者 进出口	4mmPb 当量电动推拉门	4.0mmPb	2mmPb	满足
污物间门	4mmPb 当量手动单开门	4.0mmPb	2mmPb	满足
注: ① 铅密度: 11.35g/cm ³ ; 混凝土密度: 2.35g/cm ³ ; 硫酸钡砂密度: 2.7g/cm ³ 。 ② 铅当量按照《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ 130-2013) 执行。				

表 10-2 DSA②手术室屏蔽措施符合性分析

位置	屏蔽措施	铅当量	标准要求 铅当量	评价
东墙	240mm 空心砖墙+4.0mmPb 当量 BaSO ₄ 防护涂料	4.0mmPb	2mmPb	满足
南墙	100mm 轻质隔墙+4.0mmPb 当量 BaSO ₄ 防护涂料	4.0mmPb	2mmPb	满足
西墙	南段: 240mm 混凝土墙 (3.38mmPb) +4.0mmPb 当量 BaSO ₄ 防护涂料	7.38mmPb	2mmPb	满足
	北段: 240mm 空心砖墙+4.0mmPb 当量 BaSO ₄ 防护涂料	4.0mmPb		
北墙	100mm 轻质隔墙+4.0mmPb 当量 BaSO ₄ 防护涂料	4.0mmPb	2mmPb	满足
屋顶	1200mm 隔层材料+4.0mmPb 当量铅板	4.0mmPb	2mmPb	满足
地板	4.0mmPb 当量 BaSO ₄ 防护涂料 (地下为土层, 可不作防护)	4.0mmPb	2mmPb	满足
观察窗	5mmPb 当量的铅玻璃	5.0mmPb	2mmPb	满足
患者进出 门	4mmPb 当量电动推拉门	4.0mmPb	2mmPb	满足
污物间门	4mmPb 当量手动单开门	4.0mmPb	2mmPb	满足
注: ① 铅密度: 11.35g/cm ³ ; 混凝土密度: 2.35g/cm ³ ; 硫酸钡砂密度: 2.7g/cm ³ 。 ② 铅当量按照《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ 130-2013) 执行。				

由上表可知, 机房四周墙体、观察窗、防护门及屋顶的防护铅当量在 4~7.38mmPb 之间, 满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ130-2013) 中“有用线束方向铅当量 2mm, 非有用线束方向铅当量 2mm”的要求。

(3) 手术室面积和最小单边长度

项目 DSA①手术室机房尺寸为长 6.95m×宽 6.95m，有效使用面积为 48.30m²，DSA②手术室机房尺寸为长 7.4m×宽 6.7m，有效使用面积为 49.58m²。满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）中“机房内最小有效使用面积 30m²，机房内最小单边长度 4.5m”的要求。

(4) 介入手术过程中的屏蔽防护

①手术室内应配备铅悬挂防护屏、铅防护帘、床侧防护帘、床侧防护屏、移动铅防护屏风（选配）等防护用品，具体数量以满足使用进行调整。

②应为放射性工作人员配备铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜、铅橡胶手套（选配）等防护用品，具体数量以满足使用进行调整。正确佩戴个人剂量计。

③对病人病灶进行照射时，应将病人病灶以外的部位用铅橡胶布进行遮盖，以避免病人受到不必要的照射。

表 10-3 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		患者和受检者	
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施
介入放射学操作	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜 选配：铅橡胶手套	铅悬挂防护屏、铅防护帘、床侧防护屏、床侧防护帘 选配：移动铅屏风	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、阴影屏蔽器具	—
注：“—”表示不要求。				

(5) 警示标志及防护措施

①DSA 手术室患者进出防护门和工作人员防护门外应设置电离辐射警告标志、放射防护注意事项。

②防护门外设计工作状态指示灯，灯箱处设置警示语句。指示灯与患者进出防护门应有效联动。

③患者进出门应设置为感应式电动推拉门，并设置光幕式红外防夹装置。

(6) 其他防护设施

①控制台处设置有观察窗，操作人员通过观察窗观察机房内工作人员及患者状态。

②机房内布局要合理，应避免有用线束直接照射门、窗和管线口位置；不得堆放与该设备诊断工作无关的杂物。

③手术室内应设置动力排风装置，加强通风净化机房内空气，保持工作场所空气良好质量。

④医院拟配备 1 台便携式辐射剂量监测仪，定期巡检并建立监测数据档案。

二、“三废”的治理

项目注入的造影剂不含放射性，血管造影机在运行过程中不产生放射性“三废”。

1、废水

DSA不使用显影液和定影液进行洗片操作，所需胶片由专用打印机打印，无洗片废水、废定（显）影液产生；工作人员在工作中所产生的生活污水量较小，污水进入医院生活污水处理站，经处理达标后排入市政污水管网。

2、废气

DSA 在开机并处于出束状态时，X 射线与空气作用会产生极少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，由于项目射线装置的管电压、管电流较小，产生的有害气体相对较少。本项目在两间手术室 DSA 病床顶部均设置有 400mm×400mm 的单层百叶风口，产生的臭氧、氮氧化物经风量为 600m³/h 的离心风机收集，通过排风管道（排风管道沿机房顶部、污物通道顶部、医护走廊顶部布置）进入排风机房，最后由排风管上翻至一层排至室外，经室外空气稀释，将很快恢复到原来的空气浓度水平，对周围环境影响极小。手术室排风平面图见图 10-3。

3、固体废物

DSA 手术过程中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，不会产生废胶片。根据病人需要，打印出的胶片由病人自行带走；介入手术时产生的医用器具和药棉、纱布、手套等医疗废物，采用专用容器集中收集经污物通道转移至污洗室，然后就地打包、转移至医疗废物暂存间，统一委托有资质单位处置；生活垃圾经垃圾桶分类收集后，由环卫部门统一清运。

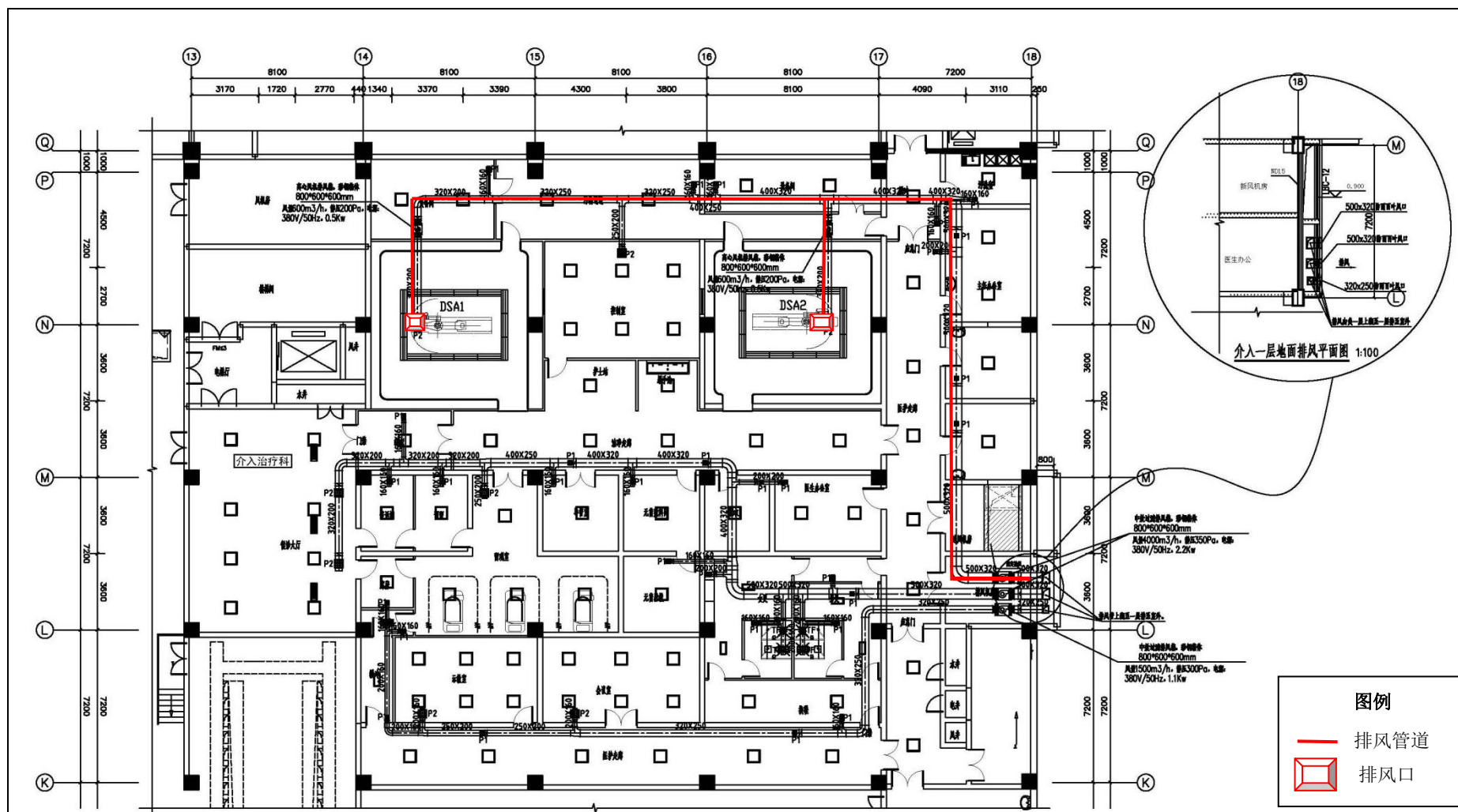


图 10-3 介入手术室排风管道走向示意图

表 11 环境影响分析

一、建设阶段对环境的影响

项目位于西安市人民医院院区医疗综合楼负一层，DSA 手术室基础墙体及装修随主体大楼施工同步进行，目前处于装修阶段。机房装修主要包括对房间按使用功能进行改造以及设备的安装、调试，期间会产生少量的施工噪声、粉尘、废水、建筑垃圾以及辐射等。

1、施工废气

项目在建设施工期将产生粉尘，装修粉尘影响仅局限在施工现场附近区域。针对上述大气污染采取以下措施：及时清扫施工场地，并保持施工场地一定的湿度。采取上述措施后扬尘会得到有效控制，对周围环境的影响很小。

2、废水

项目施工期间无施工废水产生，施工人员产生的生活污水依托医院污水处理站处理，对周围水环境影响很小。

3、噪声

在施工阶段，将产生不同程度的噪声，对周围环境造成一定的影响，在施工时严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）的标准，尽量使用噪声低的先进设备，同时严禁夜间进行强噪声作业，使噪声对周围人群影响降到最小程度。

4、固体废物

施工期产生的固体废物主要是装修过程中产生的垃圾、设备安装时拆解设备包装所产生的废包装材料和施工人员产生的生活垃圾。装修垃圾可再利用部分回收外售，不可再利用部分送当地建筑垃圾填埋场处置；废包装材料和生活垃圾产生量少，分类收集于垃圾桶，由环卫部门统一清运，对外环境基本无影响。

5、辐射影响

项目在建设或安装过程不产生 X 射线，不会对周围辐射环境产生影响。但射线装置安装调试会产生 X 射线，但时间很短，辐射影响很小。安装调试由厂商进行，建设单位不得执行拆卸、安装设备。安装调试期间，应加强辐射防护管理，保证各屏蔽体屏蔽到位，在机房周围设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近，在人员离开机房并保证周围的视频监控正常运行情况下进行调试。安装调试结束

后，项目建设阶段影响将随之消除。

综上所述，在施工阶段采取上述污染防治措施后，施工期的影响可控制在医院内局部区域，对周围环境影响较小。

二、运行阶段对环境的影响

1、防护措施合理性分析

DSA①手术室机房尺寸为长 6.95m×宽 6.95m，有效使用面积为 48.30m²，DSA②手术室机房尺寸为长 7.4m×宽 6.7m，有效使用面积为 49.58m²，满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）中“机房内最小有效使用面积 30m²，机房内最小单边长度 4.5m”的要求。

DSA①手术室机房和 DSA②手术室机房西侧南段墙体的防护铅当量为 7.38mmPb；其余墙体的防护铅当量为 4mmPb，屋顶和地板防护铅当量为 4mmPb，各防护门的防护铅当量均为 4mmPb，观察窗的防护铅当量为 5mmPb，满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）中“介入 X 射线设备机房有用线束方向铅当量 2mm，非有用线束方向铅当量 2mm”的要求。

DSA 手术室具体屏蔽情况见表 10-1 和表 10-2。

2、DSA 手术室机房防护能力估算

项目拟购置飞利浦生产的 Uniq FD20C 型 DSA，最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA，包括透视和采集两种工作模式。本项目 DSA 自带控制系统，可根据患者体型、照射部位等信息，自动调节运行参数。根据同类装置的运行情况，管电压和功率通常预留 30%的余量，即管电压控制在 90kV 以下。

根据 ICRP 33《医用外照射源的辐射防护》P55 图 2，当管电压为 90kV 时，2mmAl 滤过下，离靶 1m 处的剂量率约为 7.4mGy/mA·min，参考同类型装置运行情况，透视时最大管电流保守取 10mA，采集取 500mA，则本项目距靶点 1m 处的最大剂量率保守取透视时 4.44×10⁶μGy/h，采集时 2.22×10⁸μGy/h。

项目各关注点分布示意简图见图 11-1。

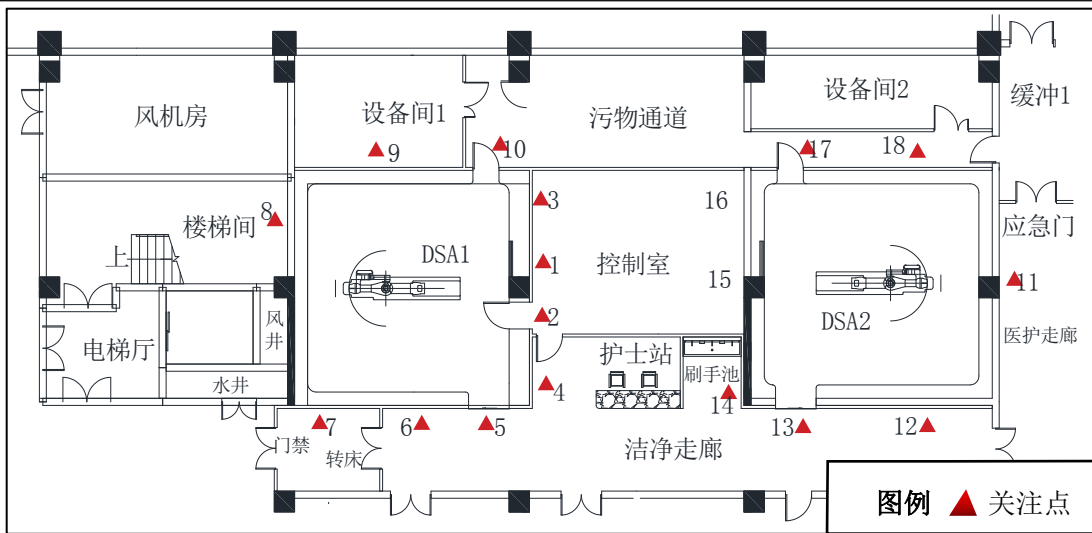


图 11-1 各关注点分布简图

(1) 泄漏辐射剂量率估算

① 估算方法

泄漏辐射剂量率计算公式参考《辐射防护手册第一分册——辐射源与屏蔽》（李德平、潘自强主编，原子能出版社，1987）中给出的公式计算。对于给定的屏蔽物质，屏蔽透射因子参考《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）附录 D 计算。

$$H = \frac{f \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \quad \dots\dots\dots (11-1)$$

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

式中：H—关注点处的泄漏辐射剂量率，μGy/h；

f—泄漏射线比率，取 0.1%；

H₀—距靶点 1m 处的最大剂量率，μGy/h；

R—靶点至关注点的距离，m；

B—屏蔽透射因子；

X——铅厚度，mm；

α、β、γ 为铅对 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数见表 11-1。

表 11-1 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数

电压	材料	α	β	γ
90kV	铅	3.067	18.83	0.7726

注：α、β、γ取值参考《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）附录 D。

② 估算结果

项目防护门、观察窗、四周墙壁、机房楼上等各关注点的泄漏辐射剂量率估算见表 11-2 和表 11-3。

表 11-2 DSA① 室不同模式下各关注点处泄漏辐射剂量率计算结果一览表

工作模式	关注点位置描述		序号	铅当量 (mm)	R (m)	H ₀ (μGy/h)	B	H (μGy/h)
透视	东侧	观察窗外	1	5	4.5	4.44×10^6	1.72×10^{-8}	3.77×10^{-6}
		工作人员门外	2	4	4.5	4.44×10^6	3.69×10^{-7}	8.09×10^{-5}
		控制室墙面	3	4	4.7	4.44×10^6	3.69×10^{-7}	7.42×10^{-5}
		护士站	4	4	4.7	4.44×10^6	3.69×10^{-7}	7.42×10^{-5}
	南侧	患者进出门外	5	4	5.2	4.44×10^6	3.69×10^{-7}	6.06×10^{-5}
		洁净走廊	6	4	4.2	4.44×10^6	3.69×10^{-7}	9.29×10^{-5}
		缓冲区	7	4	4.5	4.44×10^6	3.69×10^{-7}	8.09×10^{-5}
	西侧	楼梯间	8	4	3.9	4.44×10^6	3.69×10^{-7}	1.08×10^{-4}
	北侧	设备间 1 墙外	9	4	4.1	4.44×10^6	3.69×10^{-7}	9.75×10^{-5}
		污物间门	10	4	4.9	4.44×10^6	3.69×10^{-7}	6.83×10^{-5}
	楼上	大厅	/	4	6.3	4.44×10^6	3.69×10^{-7}	4.13×10^{-5}
采集	东侧	观察窗外	1	5	4.5	2.22×10^8	1.72×10^{-8}	1.88×10^{-4}
		工作人员门外	2	4	4.5	2.22×10^8	3.69×10^{-7}	4.05×10^{-3}
		控制室墙面	3	4	4.7	2.22×10^8	3.69×10^{-7}	3.71×10^{-3}
		护士站	4	4	4.7	2.22×10^8	3.69×10^{-7}	3.71×10^{-3}
	南侧	患者进出门外	5	4	5.2	2.22×10^8	3.69×10^{-7}	3.03×10^{-3}
		洁净走廊	6	4	4.2	2.22×10^8	3.69×10^{-7}	4.65×10^{-3}
		缓冲区	7	4	4.5	2.22×10^8	3.69×10^{-7}	4.05×10^{-3}
	西侧	楼梯间	8	4	3.9	2.22×10^8	3.69×10^{-7}	5.39×10^{-3}
	北侧	设备间 1 墙外	9	4	4.1	2.22×10^8	3.69×10^{-7}	4.87×10^{-3}
		污物间门	10	4	4.9	2.22×10^8	3.69×10^{-7}	3.41×10^{-3}
	楼上	大厅	/	4	6.3	2.22×10^8	3.69×10^{-7}	2.06×10^{-3}

表 11-3 DSA② 室不同模式下各关注点处泄漏辐射剂量率计算结果一览表

工作模式	关注点位置描述		序号	铅当量 (mm)	R (m)	H ₀ (μGy/h)	B	H (μGy/h)
透视	东侧	医护走廊	11	4	4.0	4.44×10^6	3.69×10^{-7}	1.02×10^{-4}
	南侧	洁净走廊	12	4	4.2	4.44×10^6	3.69×10^{-7}	9.29×10^{-5}
		患者进出门	13	4	4.9	4.44×10^6	3.69×10^{-7}	6.83×10^{-5}

	西侧	刷手池	14	7.38	5.7	4.44×10^6	1.16×10^{-11}	1.59×10^{-9}
		观察窗外	15	5	4.8	4.44×10^6	1.72×10^{-8}	3.31×10^{-6}
		控制室墙面	16	4	5.1	4.44×10^6	3.69×10^{-7}	6.30×10^{-5}
	北侧	污物间门	17	4	5.1	4.44×10^6	3.69×10^{-7}	6.30×10^{-5}
		污物通道	18	4	4.9	4.44×10^6	3.69×10^{-7}	6.83×10^{-5}
	楼上	医生办公室	/	4	6.3	4.44×10^6	3.69×10^{-7}	4.13×10^{-5}
采集	东侧	医护走廊	11	4	4.0	2.22×10^8	3.69×10^{-7}	5.12×10^{-3}
	南侧	洁净走廊	12	4	4.2	2.22×10^8	3.69×10^{-7}	4.65×10^{-3}
		患者进出门	13	4	4.9	2.22×10^8	3.69×10^{-7}	3.41×10^{-3}
	西侧	刷手池	14	7.38	5.7	2.22×10^8	1.16×10^{-11}	7.94×10^{-8}
		观察窗外	15	5	4.8	2.22×10^8	1.72×10^{-8}	1.66×10^{-4}
		控制室墙面	16	4	5.1	2.22×10^8	3.69×10^{-7}	3.15×10^{-3}
	北侧	污物间门	17	4	5.1	2.22×10^8	3.69×10^{-7}	3.15×10^{-3}
		污物通道	18	4	4.9	2.22×10^8	3.69×10^{-7}	3.41×10^{-3}
	楼上	医生办公室	/	4	6.3	2.22×10^8	3.69×10^{-7}	2.06×10^{-3}

(2) 散射辐射剂量率估算

① 估算方法

关注点处的散射辐射剂量率参考《辐射防护手册 第一分册》（李德平、潘自强主编，原子能出版社，1987）中给出的公式计算。

$$H = \frac{H_0 \cdot \alpha \cdot B \cdot (S/400)}{(d_0 \cdot d_s)^2} \dots\dots\dots (11-3)$$

式中：H—关注点处的患者散射剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

H_0 —距靶点 1m 处的最大剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

α —患者对 X 射线的散射比，取自《辐射防护手册 第一分册》P437 表 10.1，100kV 射线散射与入射 X、 γ 射线照射量之比值 a 为 0.0013（90° 散射，相对于 400cm^2 散射面积）；

S—散射面积， 100cm^2 ；

d_0 —源与患者的距离，一般取 0.3m；

d_s —患者与关注点的距离，m；

B—屏蔽透射因子。

②估算结果

各关注点处散射辐射剂量率计算结果见表 11-4、11-5。

表 11-4 DSA① 室不同模式下各关注点处散射辐射剂量率计算结果一览表

工作模式	关注点位置描述		序号	铅当量 (mm)	d_s (m)	H_0 ($\mu\text{Gy/h}$)	B	H ($\mu\text{Gy/h}$)
透视	东侧	观察窗外	1	5	4.5	4.44×10^6	1.72×10^{-8}	1.36×10^{-5}
		工作人员门外	2	4	4.5	4.44×10^6	3.69×10^{-7}	2.92×-04
		控制室墙面	3	4	4.7	4.44×10^6	3.69×10^{-7}	2.68×-04
		护士站	4	4	4.7	4.44×10^6	3.69×10^{-7}	2.68×-04
	南侧	患者进出门外	5	4	5.2	4.44×10^6	3.69×10^{-7}	2.19×-04
		洁净走廊	6	4	4.2	4.44×10^6	3.69×10^{-7}	3.36×-04
		缓冲区	7	4	4.5	4.44×10^6	3.69×10^{-7}	2.92×-04
	西侧	楼梯间	8	4	3.9	4.44×10^6	3.69×10^{-7}	3.89×-04
	北侧	设备间 1 墙外	9	4	4.1	4.44×10^6	3.69×10^{-7}	3.52×-04
		污物间门	10	4	4.9	4.44×10^6	3.69×10^{-7}	2.46×-04
	楼上	大厅	/	4	6.3	4.44×10^6	3.69×10^{-7}	1.49×-04
采集	东侧	观察窗外	1	5	4.5	2.22×10^8	1.72×10^{-8}	6.80×-04
		工作人员门外	2	4	4.5	2.22×10^8	3.69×10^{-7}	1.46×-02
		控制室墙面	3	4	4.7	2.22×10^8	3.69×10^{-7}	1.34×-02
		护士站	4	4	4.7	2.22×10^8	3.69×10^{-7}	1.34×-02
	南侧	患者进出门外	5	4	5.2	2.22×10^8	3.69×10^{-7}	1.09×-02
		洁净走廊	6	4	4.2	2.22×10^8	3.69×10^{-7}	1.68×-02
		缓冲区	7	4	4.5	2.22×10^8	3.69×10^{-7}	1.46×-02
	西侧	楼梯间	8	4	3.9	2.22×10^8	3.69×10^{-7}	1.95×-02
	北侧	设备间 1 墙外	9	4	4.1	2.22×10^8	3.69×10^{-7}	1.76×-02
		污物间门	10	4	4.9	2.22×10^8	3.69×10^{-7}	1.23×-02
	楼上	大厅	/	4	6.3	2.22×10^8	3.69×10^{-7}	7.46×-03

表 11-5 DSA② 室不同模式下各关注点处散射辐射剂量率计算结果一览表

工作模式	关注点位置描述		序号	铅当量 (mm)	d_s (m)	H_0 ($\mu\text{Gy/h}$)	B	H ($\mu\text{Gy/h}$)
透视	东侧	医护走廊	11	4	4.0	4.44×10^6	3.69×10^{-7}	3.70×10^{-4}
	南侧	洁净走廊	12	4	4.2	4.44×10^6	3.69×10^{-7}	3.36×10^{-4}
		患者进出门	13	4	4.9	4.44×10^6	3.69×10^{-7}	2.46×10^{-4}
	西侧	洗手池	14	7.38	5.7	4.44×10^6	1.16×10^{-11}	5.73×10^{-9}

		观察窗外	15	5	4.8	4.44×10^6	1.72×10^{-8}	1.20×10^{-5}
		控制室墙面	16	4	5.1	4.44×10^6	3.69×10^{-7}	2.28×10^{-4}
	北侧	污物间门	17	4	5.1	4.44×10^6	3.69×10^{-7}	2.28×10^{-4}
		污物通道	18	4	4.9	4.44×10^6	3.69×10^{-7}	2.46×10^{-4}
	楼上	医生办公室	/	4	6.3	4.44×10^6	3.69×10^{-7}	1.49×10^{-4}
采集	东侧	医护走廊	11	4	4.0	2.22×10^8	3.69×10^{-7}	1.85×10^{-2}
	南侧	洁净走廊	12	4	4.2	2.22×10^8	3.69×10^{-7}	1.68×10^{-2}
		患者进出门	13	4	4.9	2.22×10^8	3.69×10^{-7}	1.23×10^{-2}
	西侧	刷手池	14	7.38	5.7	2.22×10^8	1.16×10^{-11}	2.87×10^{-7}
		观察窗外	15	5	4.8	2.22×10^8	1.72×10^{-8}	5.98×10^{-4}
		控制室墙面	16	4	5.1	2.22×10^8	3.69×10^{-7}	1.14×10^{-2}
	北侧	污物间门	17	4	5.1	2.22×10^8	3.69×10^{-7}	1.14×10^{-2}
		污物通道	18	4	4.9	2.22×10^8	3.69×10^{-7}	1.23×10^{-2}
	楼上	医生办公室	/	4	6.3	2.22×10^8	3.69×10^{-7}	7.46×10^{-3}

(3) 辐射有效剂量率

根据表 11-2、11-3、11-4、11-5 的计算结果，剂量当量与吸收剂量换算系数在辐射屏蔽计算时通常取 1Sv/Gy。不同模式下各关注点处总的辐射有效剂量率汇总见表 11-6、11-7。

表 11-6 DSA① 室不同工作模式下各关注点处总的剂量率计算结果一览表

工作模式	关注点位置描述		序号	泄漏辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	散射辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	总剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
透视	东侧	观察窗外	1	3.77×10^{-6}	1.36×10^{-5}	1.74×10^{-5}
		工作人员门外	2	8.09×10^{-5}	2.92×10^{-4}	3.73×10^{-4}
		控制室墙面	3	7.42×10^{-5}	2.68×10^{-4}	3.42×10^{-4}
		护士站	4	7.42×10^{-5}	2.68×10^{-4}	3.42×10^{-4}
	南侧	患者进出门外	5	6.06×10^{-5}	2.19×10^{-4}	2.79×10^{-4}
		洁净走廊	6	9.29×10^{-5}	3.36×10^{-4}	4.28×10^{-4}
		缓冲区	7	8.09×10^{-5}	2.92×10^{-4}	3.73×10^{-4}
	西侧	楼梯间	8	1.08×10^{-4}	3.89×10^{-4}	4.97×10^{-4}
	北侧	设备间 1 墙外	9	9.75×10^{-5}	3.52×10^{-4}	4.50×10^{-4}
		污物间门	10	6.83×10^{-5}	2.46×10^{-4}	3.15×10^{-4}
	楼上	大厅	/	4.13×10^{-5}	1.49×10^{-4}	1.90×10^{-4}

采集	东侧	观察窗外	1	1.88×10^{-4}	6.80×10^{-4}	8.69×10^{-4}
		工作人员门外	2	4.05×10^{-3}	1.46×10^{-2}	1.87×10^{-2}
		控制室墙面	3	3.71×10^{-3}	1.34×10^{-2}	1.71×10^{-2}
		护士站	4	3.71×10^{-3}	1.34×10^{-2}	1.71×10^{-2}
	南侧	患者进出门外	5	3.03×10^{-3}	1.09×10^{-2}	1.40×10^{-2}
		洁净走廊	6	4.65×10^{-3}	1.68×10^{-2}	2.14×10^{-2}
		缓冲区	7	4.05×10^{-3}	1.46×10^{-2}	1.87×10^{-2}
	西侧	楼梯间	8	5.39×10^{-3}	1.95×10^{-2}	2.48×10^{-2}
	北侧	设备间 1 墙外	9	4.87×10^{-3}	1.76×10^{-2}	2.25×10^{-2}
		污物间门	10	3.41×10^{-3}	1.23×10^{-2}	1.57×10^{-2}
	楼上	大厅	/	2.06×10^{-3}	7.46×10^{-3}	9.52×10^{-3}

表 11-7 DSA② 室不同工作模式下各关注点处总的剂量率计算结果一览表

工作模式	关注点位置描述		序号	泄漏辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	散射辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	总剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
透视	东侧	医护走廊	11	1.02×10^{-4}	3.70×10^{-4}	4.72×10^{-4}
	南侧	洁净走廊	12	9.29×10^{-5}	3.36×10^{-4}	4.28×10^{-4}
		患者进出门	13	6.83×10^{-5}	2.46×10^{-4}	3.15×10^{-4}
	西侧	刷手池	14	1.59×10^{-9}	5.73×10^{-9}	7.32×10^{-9}
		观察窗外	15	3.31×10^{-6}	1.20×10^{-5}	1.53×10^{-5}
		控制室墙面	16	6.30×10^{-5}	2.28×10^{-4}	2.91×10^{-4}
	北侧	污物间门	17	6.30×10^{-5}	2.28×10^{-4}	2.91×10^{-4}
		污物通道	18	6.83×10^{-5}	2.46×10^{-4}	3.15×10^{-4}
	楼上	医生办公室	/	4.13×10^{-5}	1.49×10^{-4}	1.90×10^{-4}
采集	东侧	医护走廊	11	5.12×10^{-3}	1.85×10^{-2}	2.36×10^{-2}
	南侧	洁净走廊	12	4.65×10^{-3}	1.68×10^{-2}	2.14×10^{-2}
		患者进出门	13	3.41×10^{-3}	1.23×10^{-2}	1.57×10^{-2}
	西侧	刷手池	14	7.94×10^{-8}	2.87×10^{-7}	3.66×10^{-7}
		观察窗外	15	1.66×10^{-4}	5.98×10^{-4}	7.64×10^{-4}
		控制室墙面	16	3.15×10^{-3}	1.14×10^{-2}	1.45×10^{-2}
	北侧	污物间门	17	3.15×10^{-3}	1.14×10^{-2}	1.45×10^{-2}
		污物通道	18	3.41×10^{-3}	1.23×10^{-2}	1.57×10^{-2}
	楼上	医生办公室	/	2.06×10^{-3}	7.46×10^{-3}	9.52×10^{-3}

由以上结果可知：DSA①室在采集状态下，各屏蔽体外表面 0.3m 处的剂量率估算值为 $8.69 \times 10^{-4} \sim 2.48 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$ ；在透视状态下，各屏蔽体外表面 0.3m 处的剂量率估算值为 $1.07 \times 10^{-5} \sim 4.97 \times 10^{-4} \mu\text{Sv/h}$ 。

DSA②室在采集状态下各屏蔽体外表面 0.3m 处的剂量率估算值为 $3.66 \times 10^{-7} \sim 2.36 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$ ；在透视状态下，各屏蔽体外表面 0.3m 处的剂量率估算值为 $7.32 \times 10^{-9} \sim 4.72 \times 10^{-4} \mu\text{Sv/h}$ 。

两间手术室均能够满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）中“具有透视功能的 X 射线机在透视条件下检测时，周围剂量当量率控制目标值应不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ”的要求，表明手术室四周屏蔽效果较好。

此外，上述计算是偏保守的，实际在正常运行情况下，手术室周围的辐射剂量率可以维持在正常本底水平。

（4）附加年有效剂量估算

①工作量

DSA 运行分为透视和摄影两种模式，本项目运行后预计每台 DSA 进行手术 300 台，平均每台手术透视时间 15min，采集 2min，则本项目 DSA 的预计年开机工作时间见表 11-8。

表 11-8 不同工作模式下的预计开机时间

设备名称	工作模式	管电压 (kV)	管电流 (mA)	单台手术平均出束时间	年预计手术次数(台)	年累积出束时间
DSA	透视	90	100	15min	300	75h
	采集	90	500	2min	300	10h

②估算方法

有关人员年有效剂量计算公式：

$$K_a = H \times t \times q \times 10^{-3} \dots\dots\dots (11-4)$$

式中： K_a ——年有效剂量，mSv/a；

H ——机房外周围剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

t ——出束时间，h/a；

q ——人员居留因子，参考《放射治疗辐射安全与防护要求》（征求意见稿）附录 B 中的表 B.1，职业人员全居留取 1，公众人员部分居留取 1/4、偶然居留取 1/8。

③各关注点年附加剂量估算结果

根据表 11-6、表 11-7 计算结果，估算本项目运行时职业人员及公众的年有效剂量，结果见表 11-9、表 11-10：

表 11-9 DSA① 室各关注点附加年有效剂量估算结果表

关注点位置描述			透视状态		采集状态		居留因子	年有效剂量估算 (mSv/a)
			总剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	出束时间 (h/a)	总剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	出束时间 (h/a)		
东侧	观察窗外	职业人员	1.74×10^{-5}	75	8.69×10^{-4}	10	1	9.99×10^{-6}
	控制室墙面	职业人员	3.42×10^{-4}	75	1.71×10^{-2}	10	1	1.97×10^{-4}
	工作人员门外	职业人员	3.73×10^{-4}	75	1.87×10^{-2}	10	1	2.15×10^{-4}
	护士站	公众	3.42×10^{-4}	75	1.71×10^{-2}	10	1/4	4.92×10^{-5}
南侧	患者进出门外	公众	2.79×10^{-4}	75	1.40×10^{-2}	10	1/4	4.02×10^{-5}
	洁净走廊	公众	4.28×10^{-4}	75	2.14×10^{-2}	10	1/4	6.16×10^{-5}
	缓冲区	公众	3.73×10^{-4}	75	1.87×10^{-2}	10	1/4	5.36×10^{-5}
西侧	楼梯间	公众	4.97×10^{-4}	75	2.48×10^{-2}	10	1/4	7.14×10^{-5}
北侧	设备间 1 墙外	公众	4.50×10^{-4}	75	2.25×10^{-2}	10	1/4	6.46×10^{-5}
	污物间门	公众	3.15×10^{-4}	75	1.57×10^{-2}	10	1/4	4.52×10^{-5}
楼上	大厅	公众	1.07×10^{-6}	75	5.34×10^{-5}	10	1/4	2.74×10^{-5}

表 11-10 DSA② 室各关注点附加年有效剂量估算结果表

关注点位置描述			透视状态		采集状态		居留因子	年有效剂量估算 (mSv/a)
			总剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	出束时间 (h/a)	总剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	出束时间 (h/a)		
东侧	医护走廊	公众	3.73×10^{-4}	75	1.87×10^{-2}	10	1/4	6.79×10^{-5}
南侧	洁净走廊	公众	3.42×10^{-4}	75	1.71×10^{-2}	10	1/4	6.16×10^{-5}
	患者进出门	公众	3.73×10^{-4}	75	1.87×10^{-2}	10	1/4	4.52×10^{-5}
西侧	刷手池	公众	1.08×10^{-8}	75	5.38×10^{-7}	10	1/4	1.05×10^{-9}
	观察窗外	职业人员	1.30×10^{-5}	75	6.51×10^{-4}	10	1	8.78×10^{-6}
	控制室墙面	职业人员	4.28×10^{-4}	75	2.14×10^{-2}	10	1	1.67×10^{-4}
北侧	污物间门	公众	3.73×10^{-4}	75	1.87×10^{-2}	10	1/4	4.18×10^{-5}
	污物通道	公众	4.97×10^{-4}	75	2.48×10^{-2}	10	1/4	4.52×10^{-5}
楼上	医生办公室	公众	2.52×10^{-6}	75	1.26×10^{-4}	10	1/4	2.74×10^{-5}

由表11-9、表11-10理论计算结果可知，两台DSA分别运行时，控制室职业人员受到的附加年有效剂量分别为 $9.99 \times 10^{-6} \text{mSv} \sim 2.15 \times 10^{-4} \text{mSv}$ ， $8.78 \times 10^{-6} \sim 1.67 \times 10^{-4} \text{mSv}$ 。本项目两台DSA共用一间控制室，控制室职业人员受到的附加年有效剂量将为两者之和，范围在 $1.88 \times 10^{-5} \text{mSv} \sim 3.82 \times 10^{-4} \text{mSv}$ 。因此，职业人员收到的年有效剂量将小于理论计算值，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》的年剂量约束限值要求（职业人员20mSv）及本次评价所取的年剂量约束值（职业人员5.0mSv）。

正常运行时，DSA手术室周围公众受到的年有效剂量范围为 $1.05 \times 10^{-9} \text{mSv} \sim 7.14 \times 10^{-5} \text{mSv}$ ，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》的年剂量约束限值要求（公众人员1mSv）及本次评价所取的年剂量约束值（公众人员0.25mSv）。

（5）DSA 手术室内手术操作人员

进行介入手术时，至少需要 1 名医生和 1 名护士在手术室内对患者进行手术，医护人员穿戴铅衣、铅围裙、铅帽、铅眼镜等防护用品，位于摇臂铅屏风 and 床侧铅挂帘后。

本次评价按照 DSA 设备在确保铅屏风和床侧铅挂帘等防护设施正常使用的前提下，铅屏风和床侧铅挂帘铅当量按 0.5mm 计。根据设备厂家提供的技术因数，110kV 下，无附加过滤器情况下，0.5mm 铅屏蔽时，医生操作位空气比释动能率最大值约为 80 $\mu\text{Sv/h}$ 。90kV 下，0.5mm 铅屏蔽时的剂量降低率为 33%，则 90kV 下，医生操作位空气比释动能率约为 26.4 $\mu\text{Sv/h}$ 。

按《职业性外照射个人检测规范》（GBZ128-2019）6.2.4 条，对于工作人员佩戴铅围裙内、外两个剂量计时，宜采用式（11-5）估算有效剂量：

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

式中：E——有效剂量中的外照射分量，单位为 mSv；

α ——系数，有甲状腺屏蔽时，取 0.79，无屏蔽时，取 0.84；

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

β ——系数，有甲状腺屏蔽时，取 0.051，无屏蔽时，取 0.100；

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。

本项目 DSA 手术室操作人员年最大工作时间约为 75h，手术医生铅衣外按照在透视防护区测试平面上的空气比释动能率为 $26.4\mu\text{Gy/h}$ 进行计算，术者位铅衣外的年有效剂量为 1.98mSv 。

根据公式 11-2 计算可知，手术医生穿 0.5mm 厚的铅衣时的辐射透射因子 B 为 2.52×10^{-2} ，则铅衣内辐射剂量率为 0.05mSv 。

按公式 11-5 计算，介入手术操作人员每年所受剂量最大为 0.14mSv （有甲状腺屏蔽）、 0.24mSv （无甲状腺屏蔽），因此本项目辐射工作人员受到的剂量照射能够满足本项目设置的职业工作人员 5mSv/a 的控制目标和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中要求的工作人员连续 5 年年平均有效剂量 20mSv 的剂量约束值。

一般情况，介入手术会安排给不同的职业工作人员，手术医生可进行轮换，轮换后手术室工作人员的受照时间会小于设备年出束时间，因此工作人员的实际受照剂量会小于此数值。

3、废气环境影响分析

DSA 在开机并处于出束状态时，X 射线与空气作用会产生极少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，由于项目射线装置的管电压、管电流较小，产生的有害气体相对较少。项目在机房顶部设置的排风装置，产生的 O_3 和 NO_x 通过通风系统排出，对周围环境影响极小。

4、废水影响分析

项目 DSA 装置采用先进的数字显影技术，注入的造影剂不含放射性，无废显影液和定影液产生；工作人员在工作中所产生的生活污水量较小，污水进入医院生活污水处理站，经处理达标后排入市政污水管网，对地表水环境影响很小。

5、固体废物影响分析

DSA 手术过程中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，不会产生废胶片。根据病人需要，打印出的胶片由病人自行带走；介入手术时产生的医用器具和药棉、纱布、手套等医疗废物，采用专用容器集中收集经污物通道转移至污洗室，然后就地打包、转移至医疗废物暂存间，统一委托有资质单位处置；生活垃圾经垃圾桶分类收集后，由环卫部门统一清运。DSA 工作场所的固体废物均得到合理处置，对环境的影响较小。

三、事故影响分析

1、辐射工况

项目主要存在以下几种事故工况：

（1）射线装置发生控制系统或电器系统故障或人员疏忽将照射参数设置错误，使受检者或职业人员受到超剂量照射。

（2）医生在机房内为患者摆位或进行其它术前准备工作时，控制台处操作人员误开机出束，对机房内医生造成误照射。

（3）设备维修期间，维修人员在检修设备时，误开机出束，造成误照射。

（4）医生未穿戴防护用品进入机房，或未配置合格的防护用品，使医生受到较高剂量的附加照射。

（5）个人剂量当量连续四周期（一年）累积剂量超过 5.0mSv 时，或每季度个人剂量超过年累积剂量限值的 $1/4$ (1.25mSv)。

2、事故情况下剂量分析

DSA 操作人员误操作时，造成人员受到 X 射线直接照射，剂量率透视取 $4.44 \times 106\mu\text{ Sv/h}$ ，采集取 $2.22 \times 108\mu\text{ Sv/h}$ ，则距靶点 1m 处达到确定性效应阈值下限 0.1Sv 的时间分别为透视约 81s ，采集约 1.62s 。

假设 DSA 设备发生事故，在前述事故工况下，无任何屏蔽措施时，机房内人员受到透视和采集时泄漏的 X 射线照射，剂量率透视取 $4.44 \times 106\mu\text{ Sv/h}$ ，采集取 $2.22 \times 108\mu\text{ Sv/h}$ ，则在透视情况下距离设备 1m 处 1min 受到的剂量为 0.074mSv ，采集情况 1min 受到的剂量为 3.7mSv 。即人员误入事故情况下，透视约 3.38min 、采集 4.05s 后公众受到的剂量率将高于 0.25mSv 的公众年有效剂量约束值。

因此，工作人员平时必须严格执行各项管理制度，严格遵守设备的操作规程，进行辐射工作前按要求穿戴好各种辐射防护用品，并定期检查机房的防护性能及有关安全警示标志是否正常工作，坚决杜绝发生人员受到有用线束的直接照射，避免无关人员误入正在使用 X 射线装置的手术室。

3、辐射事故预防措施

为避免辐射事故发生及辐射事故发生时能采取有效防范措施降低辐射事故的危害，医院需做好以下预防措施：

（1）定期对射线装置的安全和防护措施、设施的安全防护效果进行检查，确认各项管理制度的执行情况，对发现的安全隐患及时采取有效措施，妥善处置。

(2) 针对单位使用射线装置制定相关的操作规程，并做到“制度上墙”（即将操作规程张贴在操作室醒目位置）。工作人员严格按照操作规程进行操作，并做好个人的防护。

(3) 定期检查门灯联锁装置，确保门灯联锁装置正常运行；定期对辐射工作场所的安全防护装置进行维护、保养。

(4) 加强辐射工作人员的管理，DSA 开机前，必须确保无关人员全部撤离后才可开启；加强放射工作人员的业务培训，防止误操作，以避免工作人员和公众受到意外辐射。

(5) 射线装置发生故障而紧急停机后，在未查明原因和维修结束前，不得重新启动射线装置。

(6) 机房门外明显处应设置电离辐射警示标志，并安装醒目的工作状态指示灯。

(7) 辐射应急管理机构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，一旦事故发生时可立即执行。

4、辐射事故应急措施

一旦发生辐射事故，处理的原则是：

(1) 第一时间断开电源，停止 X 射线的产生。

(2) 及时检查、估算受照人员的受照剂量，如果受照剂量较高，应及时安置受照人员就医检查。

(3) 及时处理，出现事故后，应尽快集中人力、物力，有组织、有计划的进行处理，缩小事故影响，减少事故损失。

(4) 在事故处理过程中，要在可合理做到的条件下，尽可能减少人员照射。

(5) 事故处理后应累计资料，及时总结报告。医院对于辐射事故进行记录，包括事故发生的时间和地点、所有涉及的事故责任人和受害者名单、对任何可能受到照射的人员所做的辐射剂量估算结果、所做的任何医学检查及结果、采取的任何纠正措施、事故的可能原因、为防止类似事件再次发生所采取的措施。

(6) 对可能发生的放射事故，应采取措施避免事故的发生。制定相关制度在事故发生时能妥善处理，以减少和控制事故的危害影响，并接受监督部门的处理。同时上报环保部门和卫生部门。当发生辐射照射事故时，应在第一时间通报当地

环保和公安部门。

5、辐射事故应急预案

为有效防护、及时控制放射事故所致的伤害，加强射线装置安全监测和控制等管理工作，保障放射相关工作人员以及射线装置周围人员的健康安全，避免环境辐射污染，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）、《陕西省放射性污染防治条例》和其它有关法律法规的规定和职能管理部门要求，医院应制定《辐射事故应急预案》。

根据《陕西省环境保护厅办公室关于印发新修订的<陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设工作项目表>的通知》要求，医院制定的应急预案中应包括以下内容：

- （1）可能发生的辐射事故及危害程度分析；
- （2）应急组织指挥体系和职责分工；
- （3）应急人员培训和应急物资准备；
- （4）辐射事故应急响应措施；
- （5）辐射事故报告和处理程序。

依照国家环保总局的《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环发〔2006〕145 号）中的有关要求，针对可能发生的风险事故，医院应根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围，执行辐射事故应急预案。

一旦发生辐射事故，医院应立即启动应急预案，采取必要的防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，由医院辐射事故应急小组上报当地环境保护主管部门及省级环境保护主管部门，同时上报公安部门，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。及时组织专业技术人员排除事故，配合各相关部门做好辐射事故调查工作。

表 12 辐射安全管理

一、辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《中华人民共和国环境保护法》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条“使用Ⅰ类、Ⅱ类、Ⅲ类放射源，使用Ⅰ类、Ⅱ类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；其他辐射工作单位应当有 1 名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作”等有关法律法规及主管部门的要求，医院应成立辐射安全管理机构，负责解决实践中出现的各种辐射安全与防护问题，确保射线机的正常运行。同时，设立专（兼）职辐射安全管理人员，负责对射线装置的常规检查和机房的辐射防护与安全工作，开展业务培训，组织应急演练，接受上级主管部门和卫生部门的检查。

西安市第四医院成立了以院长李兴洲为组长辐射防护管理领导小组。具体人员组成如下：

组 长：李兴洲

副组长：叶连红 李建平 吕雅丽

成 员：陶 丽 李少武 唐 乐 高 楠 薛 刚 杨 波
 王俊明 彭 东 谢芳元 王 毅 王慧川 王 仪
 李展奇 陈瑜

辐射安全管理机构主要职责如下：

（1）贯彻执行《放射性同位素与射线装置放射防护条例》《中华人民共和国放射性污染防治法》《放射诊疗管理规定》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》《放射工作人员职业健康管理办法》《医用 X 射线诊断放射防护要求》。

（2）定期对辐射设备及周围环境进行检查，防止射线漏射，在机房外设置辐射警示标志。

（3）督促各科室落实射线诊断用机使用操作培训制度，做好诊断用机养护工作。

（4）加强对工作人员的辐射防护教育，监督检查辐射安全工作，防止辐射事故的发生，对日常工作中的防护进行督促检查。

（5）强化对患者及其陪属辐射防护的健康教育、落实防护措施，尽量减少辐

射照射。

(6) 严格按照上级单位的要求, 按规定时间监测、换证及统计射线剂量。

(7) 针对防范措施失效和未落实防范措施的科室提出整改要求, 跟踪整改落实情况。

西安市第四医院现有的辐射防护管理领导小组人员配备和职责, 能够满足本项目对辐射安全与环境保护管理机构的要求, 医院还应明确专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作。本项目投入使用后, 医院将其纳入现有管理体系。

二、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, 生产、销售和使用射线装置的单位应有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等。第七款的要求, 使用射线装置的单位有完善的辐射事故应急措施。

根据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)的相关规定要求, 医院应对制定的管理规章制度的执行情况及应急管理按表 12-1 的要求, 逐项落实完善。

表 12-1 辐射安全管理标准化建设项目表(辐射安全管理部分)

管理内容	管理要求
*制度执行	建立全国核技术利用辐射安全申报系统运行管理制度, 指定专人负责系统使用和维护, 确保业务申报、信息更新真实、准确、及时、完整。
	建立射线装置管理制度, 严格执行进出口、转让、转移、收贮等相关规定, 并建立射线装置台账。
	建立射线装置的岗位职责、操作规程, 严格按照规程进行操作, 并对规程执行情况进行检查考核, 建立检查记录档案。
	建立辐射工作人员培训管理制度及培训计划, 并对制度的执行情况及培训的有效性进行检查考核, 建立相关检查考核资料档案。
	建立辐射工作人员个人剂量管理制度, 每季度对辐射工作人员进行个人剂量监测, 对剂量超标人员分析原因并及时报告相关部门, 保证个人剂量检测档案的连续有效性。
	建立辐射工作人员职业健康体检管理制度, 定期进行辐射工作人员的职业健康体检, 对体检异常人员及时复查, 保证职业人员健康监护档案的连续有效性。
	建立辐射安全防护设施的维护与维修制度, 包括维护维修内容与频次、重大问题管理措施、重新运行审批级别等内容, 并建立维护、维修记录档案。
	建立辐射环境监测制度, 定期对场所及周围环境进行监测, 并建立有效的监测记录或监测报告档案。

	建立辐射环境监测设备使用与检定管理制度，定期对监测仪器设备进行检定，并建立检定档案。
*应急管理	结合本单位实际，制定可操作性的辐射事故应急预案，定期进行应急演练。
	辐射事故应急预案应报所在地县级环境保护行政主管部门备案。应急预案应当包括下列内容：①可能发生的辐射事故及危害程度分析；②应急组织指挥体系和职责分工；③应急人员培训和应急物资准备；④辐射事故应急响应措施；⑤辐射事故报告和处理程序。
注：表中标注有“*”内容为关键项，为强制性规范要求。	

1、医院辐射安全管理现状

西安市第四医院严格遵守相关放射性法律、法规，配合各级环保部门监督和指导，辐射防护设施运行、维护、检测工作良好，在辐射安全和防护制度建立、落实以及档案管理等方面运行良好。

（1）医院已制定《全国核技术利用辐射安全申报系统运行管理制度》《西安市第四医院射线装置管理制度》《辐射工作人员培训管理制度及培训计划》《辐射防护监测制度》《辐射设备维护、维修制度》《辐射工作人员个人剂量管理制度》、《职业健康监护及档案管理制度》等制度，并严格按照规章制度执行。

（2）为加强对辐射安全和防护管理工作，医院成立了辐射防护管理领导小组，明确了相关成员的辐射防护责任，并加强了对放射性同位素与射线装置的监督和管理。

（3）医院放射工作场所设置有电离辐射警示牌、报警装置和工作指示灯。

（4）医院现有辐射工作人员共50人，均参加了环保部门认可的单位组织的辐射防护与安全培训，接受辐射防护安全知识和法律法规教育，并取得培训合格证书。

（5）医院对从事放射性工作的医务人员进行了职业性健康体检，2019年11月26日至2019年12月20日，放射工作人员职业健康检查共计74人，其中岗前体检13人，在岗体检61人（包含现有辐射工作人员50人）。医院建立了职业健康体检报告档案并存档。

（6）医院每年均对射线装置工作场所及周围环境进行了辐射防护监测，并向相关部门提交了《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》。

西安市第四医院严格执行按照陕西省生态环境厅的各项要求，并且认真履行各项规章制度。每年接受省辐射监督管理站、西安市生态环境局监督检查和环境辐射监测，历次接受检查中未发现违法问题。

2、项目辐射安全管理制度

西安市第四医院现有的辐射安全管理制度基本能够满足陕环办发〔2018〕29号相关要求，针对本次西安市人民医院院区新增DSA，本环评提出以下要求：

（1）针对本项目DSA制定相关制度，DSA操作规程、岗位职责等，落实辐射工作人员辐射安全培训、体检及个人剂量监测工作，在今后日常工作中应严格落实各项辐射安全管理制度中的内容且根据今后实际工作对其进行不断完善，使其具有更强的针对性和可操作。

（2）组织医院所有放射工作人员（包括本项目拟配备的放射工作人员）参加环保部门认可的辐射安全和防护知识培训，经考核合格后持证上岗，并每五年再培训。医院应建立放射工作人员培训档案，档案内容包括每次培训的课程名称、培训时间、考试或考核成绩等。

（3）应为本项目拟配备的放射工作人员建立完善的个人剂量档案和职业健康档案。放射工作人员应正确佩戴个人剂量计，监测周期一般为1个月，最长不得超过3个月，个人剂量档案终身保存。介入工作人员工作时应佩戴两个剂量计，在防护服内的左胸前和防护服外的衣领上分别佩戴，相关内外科的工作人员应纳入放射工作人员管理。

个人剂量监测档案包括：1）历年常规监测的方法和结果等相关资料；2）应急或者事故中受到照射的剂量和调查报告等相关资料。若个人剂量当量连续四周期（一年）累积剂量超过5.0mSv时，医院应第一时间作原因调查，如实填写超标原因调查表。由检测单位按原因情况和有关规定确定调查结果或给出名义剂量。

应当在上岗前对其进行职业健康检查，符合放射工作人员健康标准的，方可参加放射工作；上岗后应定期对其进行职业健康检查，两次检查的时间间隔不应超过2年，必要时可增加临时性检查；离岗前应当对其进行离岗前的职业健康检查。职业健康档案终生保存，档案应包括：1）职业史、既往病史和职业照射接触史；2）历次职业健康检查结果及评价处理意见；3）职业性放射性疾病诊疗、医学随访观察等健康资料。

（4）环评报批后，医院需及时向相关主管部门申请更换辐射安全许可证，并更改副本内容。

（5）医院应不断完善辐射事故应急预案，并加强应急演练。

三、辐射监测

1、现有项目的辐射监测开展情况

(1) 验收监测：医院已运行项目均已委托有资质的单位对辐射工作场所的辐射防护设施进行了全面的验收监测，并取得了验收批复。

(2) 常规监测：医院每年委托有资质的单位对辐射工作场所进行辐射环境的监测，包括射线机房的各面屏蔽墙和防护门等，并于每年1月31日前向陕西省生态环境厅提交上一年度的评估报告。

(3) 现有辐射工作人员均佩戴个人剂量计上岗，并每季度进行检测。

2、本次项目辐射监测计划

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《辐射环境监测技术规范》（HJ/T 61-2001）等的要求，医院针对本项目制定相应的辐射监测计划包括：

(1) 拟配备的放射性工作人员正确佩戴个人剂量计，每季度委托有资质单位检测一次，并建立个人剂量监测档案。

(2) 每年委托有资质的单位对DSA工作场所进行X-γ剂量率监测，并建立监测数据档案。医院每年对辐射防护状况进行年度评估检测，并于次年1月31日前向陕西省生态环境厅报送上一年度辐射安全年度评估报告。

(3) 配备一台 X-γ 辐射剂量率仪，定期对监测仪器设备进行检定，并建立检定档案。

(4) 定期（每月或每季度）使用X-γ辐射监测仪自行对DSA工作场所进行X-γ剂量率监测，并记录存档。

项目具体辐射监测计划见表 12-2。

表 12-2 项目辐射监测计划

序号	监测区域及点位	检测内容	监测频次
1	DSA 手术室周围环境巡测	X-γ 剂量率	每月或每季度自检 1 次，每年由有资质单位监测一次
2	DSA 机房周围人员可达区域布点监测，包括四面墙体、顶棚、与机房相连接的门、观察窗等，距机房和防护门的距离为 30cm，机房楼上距地面 1.0m。	X-γ 剂量率	每月或每季度自检 1 次，每年由有资质单位监测一次
3	辐射工作人员个人剂量计	个人剂量	由有资质单位，每 3 个月监测一次

四、辐射应急事故

1、现有核技术利用项目应急预案的执行情况

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，医院根据可能发生的辐射事故的风险，已制定了《辐射事故应急预案》，内容包括：辐射事故应急预案流程、事故报告、现场控制、现场处置、事故原因调查等。根据《陕西省环境保护厅办公室关于印发新修订的<陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设工作项目表>的通知》，本环评要求现有的《辐射事故应急预案》应补充以下内容：可能发生的辐射事故及危害程度分析；应急人员培训和应急物资准备；本项目可能发生的辐射事故纳入应急预案处理程序。

医院在成立的辐射防护管理领导小组下设立了应急小组，组员如下：

组 长：叶连红

副组长：陶 丽

成 员：李少武 唐 乐 薛 刚 杨 波 王俊明

彭 东 谢芳元 王 毅 王慧川 王 仪

李展奇 陈 钢 李杰磊

现有核技术利用项目一旦发生事故，均严格按照应急预案执行。医院制定的辐射事故应急预案中明确了应急领导小组成员、职责和联系方式，并包含了事故应急预案流程、事故报告、现场控制、现场处置等内容，具有可操作性，满足应急要求。

本环评要求项目运行后，还应做好以下工作：

(1) 医院每年应组织人员进行应急演练，并记录；

(2) 根据国家最新法律法规，结合医院实际情况，及时对应急预案进行补充修改，使之更能符合实际需要。

2、本项目应急处理措施

项目主要存在以下几种事故工况：

(1) 射线装置发生控制系统或电器系统故障或人员疏忽将照射参数设置错误，使受检者或职业人员受到超剂量照射。

(2) 医生在机房内为患者摆位或进行其它术前准备工作时，控制台处操作人员误开机出束，对机房内医生造成误照射。

(3) 设备维修期间，维修人员在检修设备时，误开机出束，造成误照射。

(4) 医生未穿戴防护用品进入机房，或未配置合格的防护用品，使医生受到较高剂量的附加照射。

(5) 个人剂量当量连续四周期（一年）累积剂量超过 5.0mSv 时，或每季度个人剂量超过年累积剂量限值的 1/4（1.25mSv）。

为避免辐射事故发生及辐射事故发生时能采取有效防范措施降低辐射事故的危害，医院需做好以下应急处置措施：

(1) 定期检查门灯联锁装置，确保门灯联锁装置正常运行；定期对辐射工作场所的安全防护装置进行维护、保养。

(2) 射线装置发生故障而紧急停机后，在未查明原因和维修结束前，不得重新启动射线装置。

(3) 加强辐射工作人员的管理，DSA 开机前，必须确保无关人员全部撤离后方可开启；加强放射工作人员的业务培训，防止误操作，以避免工作人员和公众受到意外辐射。

(4) 人员受到意外照射时，第一时间断开电源，停止 X 射线的产生。及时检查、估算受照人员的受照剂量，如果受照剂量较高，应及时安置受照人员就医检查。

(5) 若个人剂量当量连续四周期（一年）累积剂量超过 5.0mSv 时，医院应第一时间作原因调查，如实填写超标原因调查表。由检测单位按原因情况和有关规定确定调查结果或给出名义剂量。

五、环保投资

本项目总计投资 1300 万元，其中环保投资 100 万元，占总投资的 7.69%，主要辐射安全防护设施的建设，个人防护用品、辐射监测仪器购置以及工作人员培训费用等。

六、竣工环保验收

为规范建设项目竣工环境保护验收的程序和标准，强化建设单位环境保护主体责任，根据《建设项目环境保护管理条例》（国务院第 682 号令，2017 年 10 月 1 日起实施）以及《建设项目竣工环境保护验收管理办法》的规定，本项目竣工后，医院应及时对本项目配套建设的环境保护设施进行自主验收，编制验收监测报告。验收合格后，方可投入生产或使用。

本项目竣工环境保护验收清单见表 12-3。

表 12-3 项目竣工环境保护验收清单

序号	验收内容	验收方式	效果和环境预期目标
1	辐射安全防护措施	警示标志、工作状态指示灯、动力排风装置等、门灯联锁装置、红外防夹装置	警告无关人员不要靠近，保护人员免受不必要的辐射；机房设有动力排风装置，保持良好的通风。
2	辐射安全管理机构	设立辐射安全管理机构并明确辐射管理专（兼）职人员	负责整个项目辐射安全与环境管理工作。
3	人员管理	检查放射工作人员职业健康档案，疑似放射性疾病人员的调查、复检及处置结果	确保放射工作人员安全。
		检查放射工作人员个人剂量档案完整、连续，个人剂量超标人员的调查、复检及处置结果	确保放射工作人员安全。 本项目年有效剂量管理目标值辐射工作人员 5mSv，公众人员 0.25mSv。
		参加环保部门认可的辐射安全和防护知识培训，考核合格方能上岗。	确保工作人员持证上岗。
4	防护用品	根据辐射工作人员数量配备个人剂量计，介入工作人员工作时应佩戴两个剂量计。 为辐射工作人员配备铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜、介入手套。 为患者配备铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、阴影屏蔽器具等防护用品。 为 DSA 手术室内配备铅悬挂防护屏、铅防护吊帘等辅助防护设施。	根据辐射工作人员数量配备相应的防护用品，保证辐射工作人员及公众安全
5	监测仪器	配备 1 台 辐射环境监测仪	定期对辐射工作场所及周围环境进行监测。
6	辐射环境管理	辐射事故应急预案、射线装置管理制度、工作人员岗位职责、辐射工作人员培训管理制度、辐射工作人员剂量管理制度、辐射安全设施维护与维修制度、辐射环境监测制度、环境监测设备使用与检定管理制度、全国核技术利用辐射安全申报系统运行管理制度、DSA 操作规程、DSA 工作人员岗位职责。	确保辐射环境管理制度贯彻落实，保障人员安全
7	剂量率限制要求	DSA 手术室屏蔽体外检测结果	能够满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》 （GBZ130-2013）中规定的屏蔽体表面 30cm 处剂量率不大于 2.5μ Sv/h 的标准限值。

表 13 结论与建议

一、结论

1、项目概况

西安市人民医院是由西安市统一建设管理办公室在西安国家民用航天产业基地筹建的一所公立非营利性三级综合医院，按照西安市人民政府专项问题会议纪要（2018 年 8 月 10 日发，第 141 期），西安市人民医院交由市第四医院组建、运营、管理，并根据“市编办函〔2019〕97 号”文件，实行一体化管理，按照“一个法人、一院两区”的模式运营。两院实行一体化管理后，机构名称调整为“西安市人民医院（西安市第四医院）”。

为完善医院发展需求，进一步提高医疗水平，满足不同人群的就医需求，更好的服务于患者，拟在西安市人民医院院区医疗综合楼负一层新建两间介入手术室，并配备两台 DSA，为Ⅱ类射线装置，用于介入诊断及辅助治疗。

2、项目分区及布局

本项目介入手术室位于西安市人民医院院区医疗综合楼负一层东北侧，负一层西侧为地下停车场，东南侧为为医院其他功能用房。手术室 DSA 机房位置相对独立，与其他诊区域通过防护门等隔离，防止无关人员进入。选址和平面布置基本合理。

手术室墙体上设置有患者进出门、观察窗和污物门。医院以手术室墙体和防护门为边界，将手术室划分为控制区；将机房相邻区域，包括控制室间、污物通道等划分为监督区。本项目布局及分区符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第 6.4 款中有关辐射工作场所的分区规定。

3、辐射安全措施

本项目在控制台处设置有观察窗，工作人员通过观察窗观察机房内患者状态；手术室防护门外应设置有电离辐射警告标志、辐射安全注意事项和工作状态指示灯，灯箱处设有警示语句；指示灯应与患者进出门设置有效的联动装置。

医院应按照《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）要求，为本项目工作人员和患者配备足量的个人防护用品，手术室内应配备铅悬挂防护屏、铅防护帘等辅助防护设施。医院应配备 1 台 X-γ 辐射剂量率仪，安排专人定期对辐射工作场所及其周围环境进行自主监测。

在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全措施能够满足辐射安全要求。

4、辐射环境影响分析

DSA①手术室机房尺寸为长 6.95m×宽 6.95m，有效使用面积为 48.30m²，DSA②手术室机房尺寸为长 7.4m×宽 6.7m，有效使用面积为 49.58m²，满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）中“机房内最小有效使用面积 30m²，机房内最小单边长度 4.5m”的要求。

DSA①室和 DSA②室西侧南段墙体的防护铅当量为 7.38mmPb；其余墙体的防护铅当量为 4mmPb，屋顶和地板防护铅当量为 4mmPb，各防护门的防护铅当量均为 4mmPb，观察窗的防护铅当量为 5mmPb，满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）中“介入 X 射线设备机房有用线束方向铅当量 2mm，非有用线束方向铅当量 2mm”的要求。采取的各项辐射防护及污染防治措施符合《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）对辐射防护、安全操作以及防护检测的要求。

经估算分析可知：

① 辐射剂量率

DSA①室在采集状态下，各屏蔽体外表面 0.3m 处的剂量率估算值为 $8.69 \times 10^{-4} \sim 2.48 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$ ；在透视状态下，各屏蔽体外表面 0.3m 处的剂量率估算值为 $1.07 \times 10^{-5} \sim 4.97 \times 10^{-4} \mu\text{Sv/h}$ 。DSA②室在采集状态下各屏蔽体外表面 0.3m 处的剂量率估算值为 $3.66 \times 10^{-7} \sim 2.36 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$ ；在透视状态下，各屏蔽体外表面 0.3m 处的剂量率估算值为 $7.32 \times 10^{-9} \sim 4.72 \times 10^{-4} \mu\text{Sv/h}$ 。

两间手术室均能够满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）中“具有透视功能的 X 射线机在透视条件下检测时，周围剂量当量率控制目标值应不大于 2.5μSv/h”的要求。手术室四周屏蔽效果较好。

② 职业人员年附加有效剂量估算

A、控制室内职业人员年附加有效剂量估算

两台 DSA 分别运行时，控制室职业人员受到的附加年有效剂量分别为 $9.99 \times 10^{-6} \text{mSv} \sim 2.15 \times 10^{-4} \text{mSv}$ ， $8.78 \times 10^{-6} \sim 1.67 \times 10^{-4} \text{mSv}$ 。本项目两台 DSA 共用一间控制室，控制室职业人员受到的附加年有效剂量将为两者之和，范围在 $1.88 \times 10^{-5} \text{mSv} \sim 3.82 \times 10^{-4} \text{mSv}$ 。因此职业人员收到的年有效剂量将小于理论计算值，低

于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》的年剂量约束限值要求（职业人员20mSv）及本次评价所取的年剂量约束值（职业人员5.0mSv）。

B、手术室内手术操作医生年附加有效剂量估算

医护人员在铅吊屏、铅衣等防护设施正常使用的前提下每年所受剂量最大为0.24mSv（无甲状腺屏蔽），满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中要求的工作人员连续5年年平均有效剂量（20mSv），也不超过环境影响评价对职业人员年剂量约束值（5mSv）。

③公众年附加有效剂量估算

正常运行时，DSA手术室周围公众受到的年有效剂量范围为 1.05×10^{-9} mSv~ 7.14×10^{-5} mSv，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》的年剂量约束限值要求（公众人员1mSv）及本次评价所取的年剂量约束值（公众人员0.25mSv）

5、可行性分析结论

综上，西安市人民医院（西安市第四医院）在严格执行国家相关法律、法规及相关标准的要求，切实落实本报告表中提出的污染防治措施和建议后，该项目对放射工作人员和公众产生的辐射影响可以控制在国家标准允许的范围之内。从环境保护和辐射防护角度分析，本项目是可行的。

二、建议与承诺

1、项目竣工后建设单位应按照国务院环境保护行政主管部门规定的标准和程序，对本项目配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，经验收合格后方可投入运行。

2、项目建成运行后，应严格执行辐射环境监测制度，每年应对医院射线装置应用的安全和防护状况进行年度评估，并于每年1月31日前向陕西省生态环境厅报送上一年度辐射安全年度评估报告。

3、定期对放射工作人员进行个人剂量检测和健康体检，对个人剂量监测报告、体检报告中出现问题及时查明原因，采取有效措施妥善处理，并留档案备查。

4、医院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，防止事故发生。

5、医院应根据相关规定配备工作人员、患者个人防护用品。对于铅衣等防护用品建议悬挂或平放，勿折叠。

6、定期检查门灯联动装置、警示灯，确保其处于正常的工作状态。

7、医院应加强对工作人员的辐射安全培训工作，强调在进行介入手术时，医护人员必须穿戴防护用品。

8、定期检查 DSA 工作场所的电离辐射警告标志是否脱落，检查工作状态指示灯和门灯联动装置，确保其处于正常工作状态。

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	