

核技术利用建设项目

**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：西安市沣东新城泰和医院有限公司

环评单位：西安旭奥环境科技有限公司

二〇二一年十月

目录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	21
表 3 非密封放射性物质.....	21
表 4 射线装置.....	23
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	25
表 6 评价依据.....	27
表 7 保护目标和评价标准.....	30
表 8 环境质量和辐射现状.....	27
表 9 项目工程分析与源项.....	44
表 10 辐射安全与防护.....	50
表 11 环境影响分析.....	64
表 12 辐射安全管理.....	88
表 13 结论与建议.....	103
表 14 审批.....	106

附件

附件 1 委托书

附件 2 现有辐射安全许可证

附件 3 医院现有 III 类射线装置环境备案登记表

附件 4 辐射环境质量现状监测报告（报告编号：FHJC-SXGK-002021263）

附件 5 类比检测报告

附件 6 辐射工作场所防护检测报告

附件 7 本项目工作人员辐射安全防护培训证书

附件 8 本项目工作人员个人剂量检测报告

附件 9 本项目工作人员职业健康体检报告

表 1 项目基本情况

建设项目名称		数字减影血管造影设备(DSA)核技术利用项目			
建设单位		西安市沣东新城泰和医院有限公司			
法人代表	杨琦	联系人	牛昂	联系电话	13484525958
注册地址		陕西省西咸新区沣东新城王寺西街 141 号			
项目建设地点		西咸新区沣东新城泰和医院住院楼五层			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)	340	项目环保投资 (万元)	40	投资比例 (环保投资/总投资)	11.76%
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他			占地面积 (m²) 90
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类 (医疗使用) <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
	其他	/			

1.1 项目概述

1.1.1 项目背景

1.1.1.1 医院简介

西安市沣东新城泰和医院有限公司位于陕西省西咸新区沣东新城王寺西街141号,是一所市卫生部门批准,有着近二十年历史的综合性二级医院,是沣东新

城最早的股份制医院,也是西安市医保定点和新农合定点单位。目前开放床位

医院开设有内科、外科、妇科、儿科、五官科、中医科、急诊科等临床科室。医院配备有多排全身螺旋CT、加拿大DR、多台彩超、全自动生化仪、冲击波碎石机等检查治疗设备。

1.1.1.2 核技术应用的目的是任务

心脑血管疾病已成为严重影响居民健康的一个重要因素,而介入诊断治疗已成为这类疾病的主要诊疗手段。为完善医院发展需求,促进医院各学科发展,提高医院的医疗水平,推动医院整体发展,更好地为患者服务,西安市沣东新城泰和医院有限公司拟将住院楼(共6层)五层的供应室和相邻区域改建为1间DSA手术室及配套辅助用房,DSA手术室内配置1台Pilot 3000型数字减影血管造影设备(DSA),用于介入诊断及辅助治疗。

1.1.1.3 项目由来

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》(2019年3月2日修订版)及《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2021年1月4日修订版)等法律法规的规定,辐射工作单位在申请辐射安全许可证前,应当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。

根据原环境保护部和国家卫生和计划生育委员会总局 2017 年第 66 号关于发布《射线装置分类》的公告及《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的规定，项目拟新增的 1 台数字减影血管造影设备（DSA）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）第“五十五、核与辐射，172 核技术利用建设项目”中“……生产、**使用 II 类射线装置的**……”应编制环境影响报告表。

我公司受西安市沣东新城泰和医院有限公司（以下简称“医院”）委托承担对该项目的环境影响评价工作。接受委托后，我公司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，并根据建设项目的应用类型及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《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》。

1.1.2 实践正当性分析

使用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，进一步提高了医院的医疗水平，推动医院整体发展。因此，西安市沣东新城泰和医院有限公司数字减影血管造影设备（DSA）核技术利用项目（以下简称“项目”）所带来的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。

1.1.3 项目概况

1.1.3.1 建设规模

据医院提供的资料，本项目位于住院楼（共6层）五层，根据现场勘察，本项目总建筑面积约90m²，主要建设内容为：1间DSA手术室以及操作间、缓冲间、洁净走廊、污物间、设备间和更衣间等其他辅助用房/区域。项目在DSA手术室内配置1台北京唯迈 Pilot 3000 型数字减影血管造影设备（DSA），为Ⅱ类射线装置。

(1) 设备主要技术参数

项目涉及的DSA主要技术参数详见表1-1。

表 1-1 DSA 设备主要技术参数一览表

型号	主要参数	类别	拟放置位置
北京唯迈 Pilot 3000	最大管电压：125kV 最大管电流：800mA 发生器最大输出功率：80kW 连续工作方式下输出功率：2.5kW	Ⅱ类	DSA手术室内

(2) 手术室辐射防护屏蔽参数

根据医院提供的资料，项目DSA手术室防护参数详见表1-2。

表 1-2 DSA 手术室的辐射防护屏蔽参数一览表

位置	屏蔽措施
四周墙体	240mm 实心砖墙+30mm 硫酸钡防护涂料
屋顶	100mm 混凝土+45mm 硫酸钡防护涂料

地板	100mm 混凝土+30mm 硫酸钡防护涂料
工作人员防护门	4mmPb 当量电动平开门
患者进出门	4mmPb 当量电动推拉门
观察窗	4mmPb 当量铅玻璃和窗框
污物传递箱 (窗框+玻璃)	4mmPb 当量窗框和铅玻璃

1.1.3.2 劳动定员及工作负荷

项目拟配备 5 名放射工作人员，包括介入手术医生 2 名（王长明、曹珊珊），介入室操作人员 2 名（方东富、王刚），护士 1 名（雒美杨），均从医院现有工作人员中调配，该 5 名放射工作人员其中 1 名（方东富）还参与其他岗位的放射工作。

项目拟配备的放射工作人员中，4 名工作人员（方东富、王刚、王长明、曹珊珊）从现有影像科调配。已参加国家统一组织的辐射安全与防护培训或医院自行组织的辐射防护培训，并考核合格；均已进行职业健康检查及个人剂量检测；剩余 1 名工作人员（雒美杨）从医院手术室调配，此前未从事过放射工作。

项目拟配备的放射工作人员应全部参加国家统一组织的辐射安全与防护培训，并取得培训合格证书，持证上岗；上岗前应进行职业健康检查，检查合格者方能进行相关放射工作；应正确佩戴个人剂量计，并建立个人剂量档案。

项目投入使用后，预计每年最多手术 100 例。

1.1.4 项目选址及周边环境概况

1.1.4.1 医院周边环境关系

西安市沣东新城泰和医院有限公司位于西咸新区沣东新城王寺西街 141 号，地理坐标为东经：108.782158°，北纬：34.259630°。医院东侧为停车场和废弃厂房，南侧和西侧均为荒草地，北侧为沣东大道。

医院地理位置见图 1-1，医院周边环境关系图见图 1-2，医院周边环境现状见图 1-3。



图 1-1 医院地理位置图

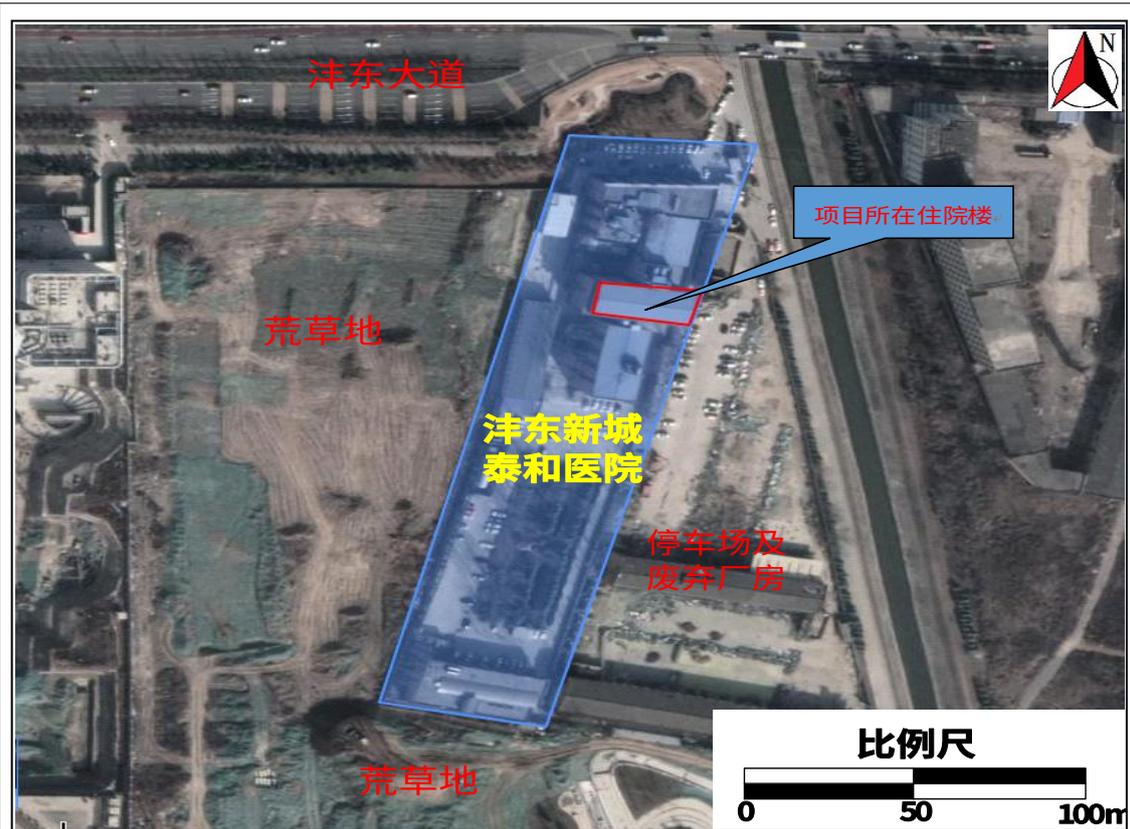


图 1-2 医院周边环境关系图



医院南侧荒草地

医院北侧道路

图 1-3 医院周边环境现状

1.1.4.2 项目所在建筑物周边环境关系

医院主要包括 1 栋门诊楼（4F），1 栋影像楼（4F），1 栋医技楼（4F），2 栋住院楼（东西向 6F，南北向 5F），辅助楼、感染门诊、员工宿舍楼及相关配套设施。本项目位于住院楼（共 6 层）五层，住院楼东侧为道路、停车场及废弃厂房，南侧为住院楼（南北向 5F）、氧气站、停车场、绿化带、宿舍楼，西侧为辅助楼及感染病区和感染门诊，北侧为医技楼、影像楼、门诊楼。医院总平面布置图见图 1-4、项目评价范围图见图 1-5。



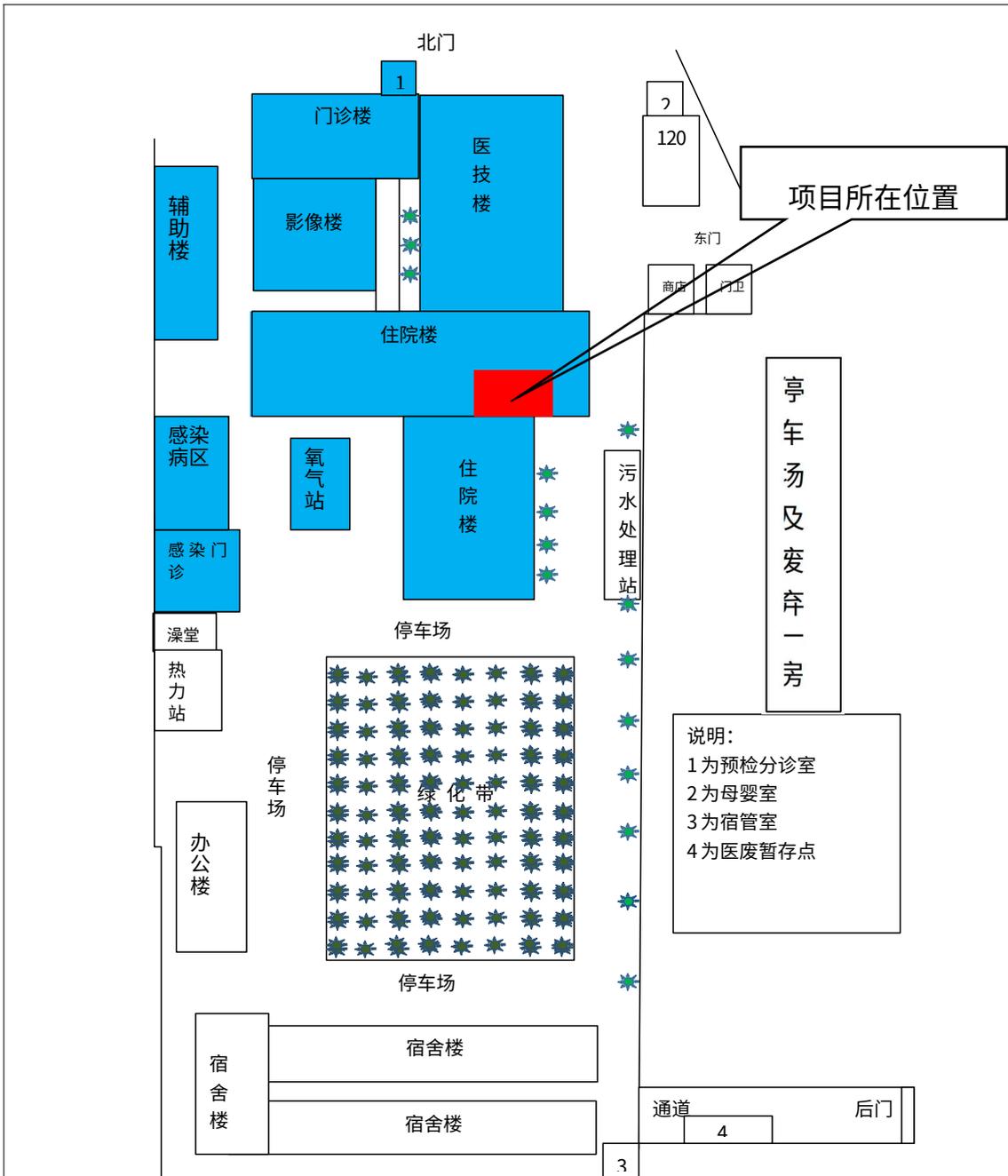


图 1-4 医院总平面布局图

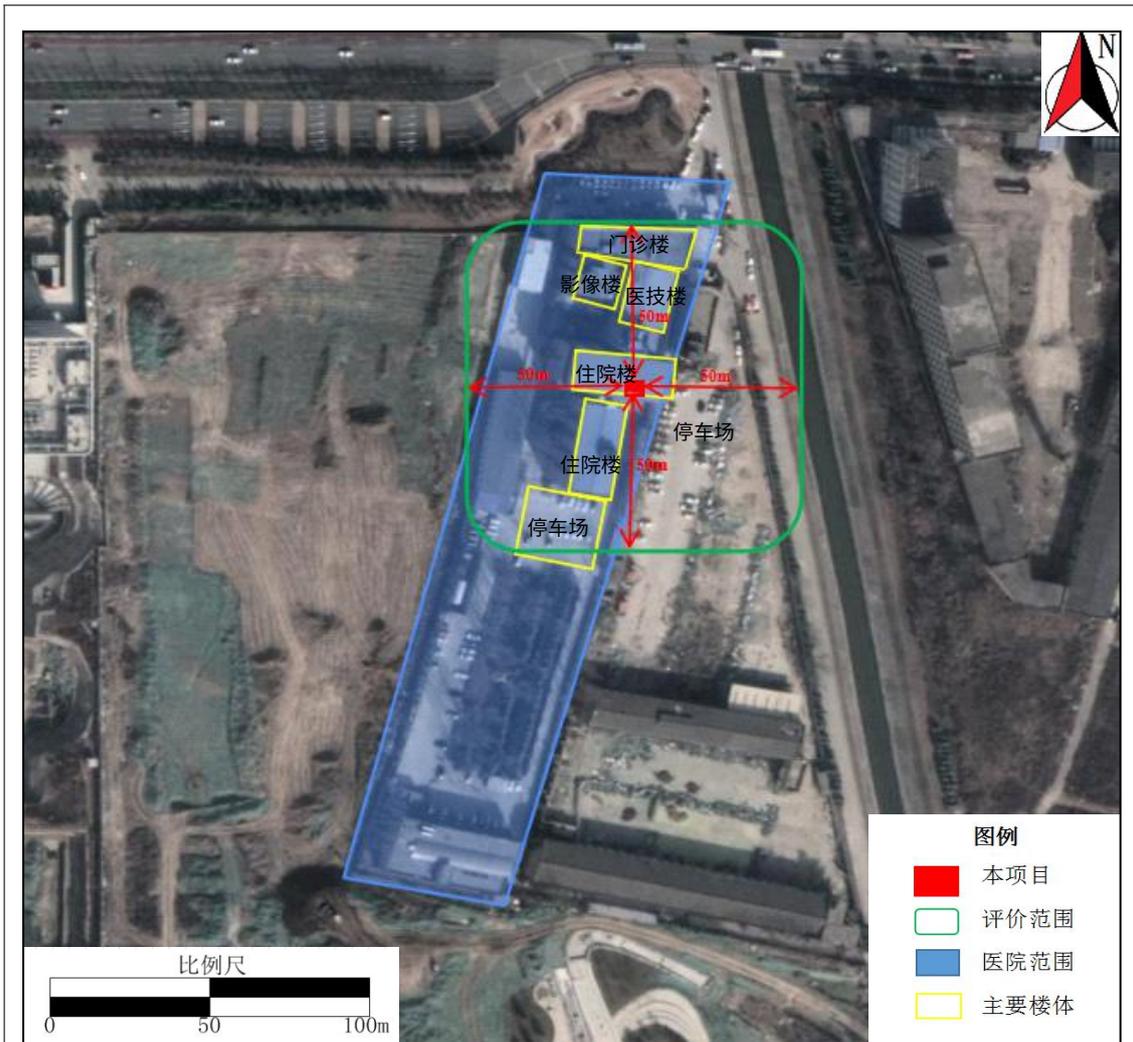


图 1-5 项目评价范围图

1.1.4.3 DSA 手术室周边环境关系

医院拟将住院楼（共6层）五层的供应室和相邻区域改建为1间DSA手术室及配套辅助用房，并配备1台数字减影血管造影设备（DSA）。项目建成后，机房东侧为操作间，南侧为楼外，西侧为污物间，北侧为缓冲间；机房楼上为食堂，楼下为病区；机房北墙上设计有受检者门，东墙上设计有工作人员门和观察窗，西墙上设计有污物传递箱。

项目手术室现状见图 1-6。



图 1-6 本项目 DSA 手术室现状

1.1.4.4 项目选址合理性分析

本项目位于医院住院楼（共 6 层）五层，是由原供应室和其相邻区域改建而来，位置较独立，手术室内一般出现的人员较少，介入手术室内人员主要为操

作间和手术室的医务人员与需要手术的患者。从满足安全治疗和辐射安全与防护的角度分析，在装置运行时，可有效减少受照人群，也有利于科室射线管理，因此项目选址合理可行。项目机房改造前的平面布局示意图见图 1-7，项目所在位置及楼层平面布局见图 1-8。

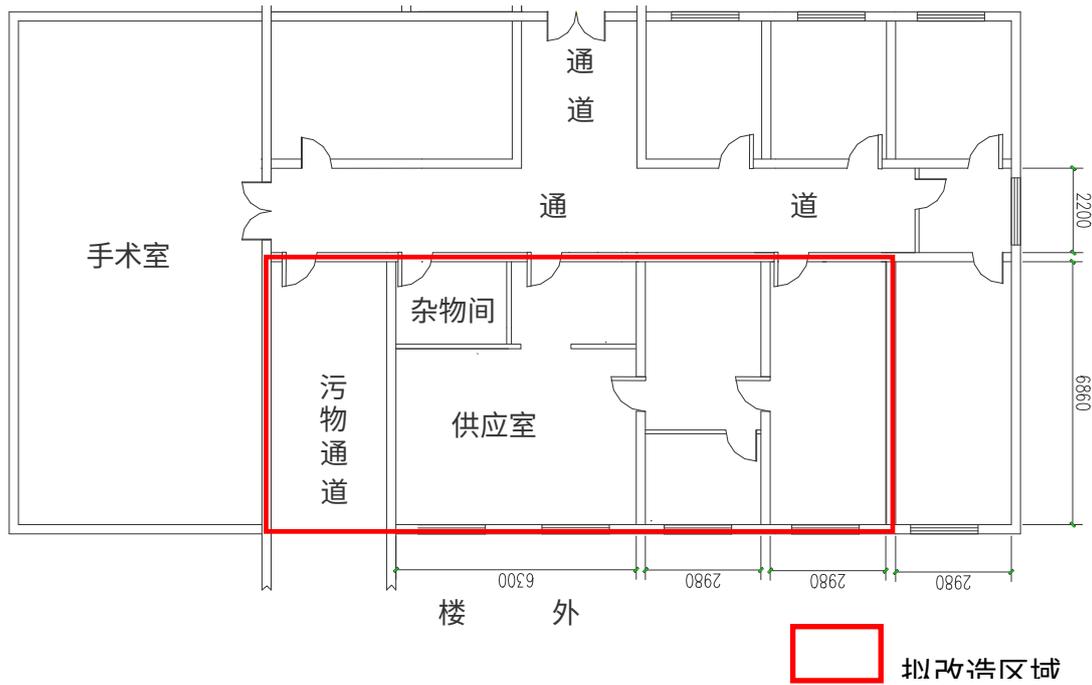


图 1-7 项目机房改造前平面布局示意图（五层）

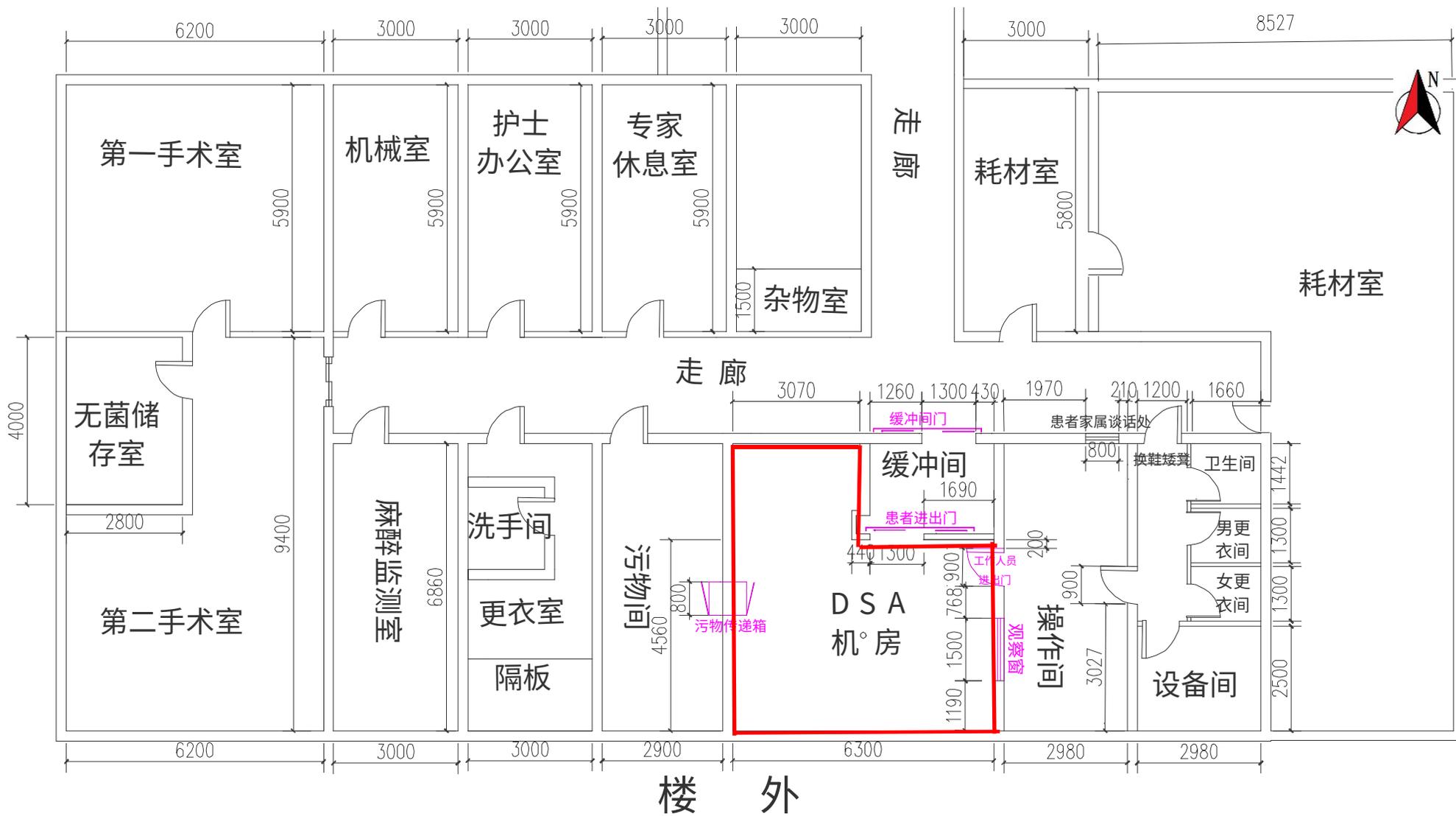


图 1-8 项目所在位置及楼层平面布局图 (五层)

1.2 医院已有核技术利用项目许可情况

1.2.1 环保手续履行情况

(1) 现有辐射安全许可证

西安市沣东新城泰和医院有限公司已于 2021 年 9 月 17 日取得了由西咸新区环境保护局核发的辐射安全许可证，证书编号：陕环辐证[U0031]，有效期至 2026 年 9 月 16 日。辐射安全许可证核准的种类和范围见表 1-3。

表 1-3 陕环辐证[C0032]号核准的种类和范围

序号	类别	装置名称	数量	活动种类
1	III	X 射线计算机断层 摄影设备	1 台	使用
2	III	X 线计算机断层扫描仪 (CT)	1 台	使用
3	III	X 线数字摄影系统	1 台	使用

(2) 现有射线装置环保手续履行情况

西安市沣东新城泰和医院有限公司现有 3 台 III 类射线装置已在陕西省生态环境厅填报了环境影响登记表进行了备案登记，医院现有的射线装置及其环保手续履行情况见表 1-4。

表 1-4 医院现有射线装置及其环保手续履行情况

序号	设备名称	型号	最大 管电压	最大 管电流	类别	环保手续履行情况	备注
----	------	----	-----------	-----------	----	----------	----

1	X 射线计 计算机断层 摄影设备	X2200	120	140	III 类	2021 年 9 月 8 日 进行了备案登记， 备案号为： 2021619900020 0000046	已取得辐 射安全许 可证（陕 环辐证 [U0031] ）
2	X 线计算 机断层扫 描仪 (CT)	uCT760	140	667	III 类		
3	X 线数字 摄影系统	MX4000 Dual	140	200	III 类		

1.2.2 辐射安全管理现状

医院遵守《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》等法律、法规，配合各级生态环境保部门监督和指示，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较好。

根据医院提供的资料，医院辐射安全管理现状如下：

(1) 辐射防护管理机构设置情况

医院已成立了放射防护安全管理领导小组，院长荣利为组长，科主任张长安为副组长，方东富、王长明、曹珊珊、杨阳为成员。副组长张长安为放射防护专职管理人员，具体负责放射防护管理工作。

(2) 规章制度建设及落实情况

医院已制定了一系列辐射防护管理规章制度，包括：《放射事故应急预案》

《放射工作场所监测制度》《放射工作人员个人剂量监测管理制度》《受检者放射危害告知与防护制度》《设备安全操作规程》《放射科影像诊断质量保证方案》《射线装置定期检查与维护规章制度》《受检者安全防护制度》《放射安全防护管理制度》《放射防护档案管理制度》《诊断影像质量保证方案》《各级放射工作人员岗位职责》《放射科人员岗位职责》《放射防护安全制度》《放射科防止差错事故措施》《放射工作人员放射防护培训制度》《职业健康监护管理制度》《放射防护培训制度》《特殊人群辐射危害告知制度》《电离辐射危害告知》《设备维护、维修制度》《辐射工作场所及个人剂量监测制度》等，并严格按照规章制度执行。

(3) 工作人员培训情况

根据医院提供的辐射工作人员名单，医院现有辐射工作人员 13 名（包括 2 名兼职诊断医师王诚勇、薛旭涛），其中 5 人参加了国家统一组织的辐射安全与防护培训，接受辐射防护安全知识和法律法规教育，均取得培训合格证书或培训成绩单。由于医院现有射线装置均为Ⅲ类，根据《中华人民共和国生态环境部公告》（2021 年第 9 号）中规定：“仅从事Ⅲ类射线装置销售、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”，因此剩余 8 人中，7 人已参加医院自行组织的辐射防护培训并考核合格，已计划安排剩余 1 名工作人员（高娜）参加医院自行组织的辐射防护培训。

(4) 个人剂量检测情况

医院为现有的辐射工作人员中 6 人配备了个人剂量计，并委托有资质的单位（陕西新高科辐射技术有限公司）对其个人剂量进行检测，每季度检测一次，

建立了个人剂量档案并存档。其余 7 名人员（张长安、王诚勇、薛旭涛、常陇炳、朱田雨、张添、高娜）尚未做剂量检测，医院计划在下一季度开始检测。根据最近 4 个季度医院的个人剂量检测报告（报告编号：第 00248-2003-001068 号、第 00248-2004-001585 号、第 00248-2101-000297 号、第 00248-2102-000595 号），医院 6 名在岗辐射工作人员连续四个季度的累积剂量最大为 0.49mSv，满足不大于 5mSv 的剂量管理目标值。环评要求医院应尽快为未做剂量检测的辐射工作人员配备个人剂量计，建立个人剂量档案并存档。

（5）职业健康检查情况

医院对现有的辐射工作人员进行了职业性健康体检，建立了职业健康体检档案并存档。根据医院提供的 2021 年辐射工作人员职业健康检查结果报告，除张长安因新入职还未做体检以外，其余 12 名辐射工作人员体检结果均显示“可以继续从事放射性作业”或“可继续从事原放射工作”。

（6）工作场所及辐射环境监测情况

2021 年 9 月 30 日和 10 月 8 日，医院委托陕西新高科辐射技术有限公司对医院放射工作场所放射防护进行了检测（报告编号：FHJC-SXGK-002021235），检测结果如下：

①在电压 120kV、管电流时间积 155mAs 检测条件时，医院 CT 室观察窗、工作人员进出防护门、操作位、受检者进出防护门、四面墙体、机房楼上、控制室线沟的 X-γ辐射剂量率最大为 0.37μSv/h；

②在电压 120kV、管电流时间积 300mAs 检测条件时，医院 CT 室观察窗、

工作人员进出防护门、操作位、受检者进出防护门、四面墙体、机房楼上、控制室线孔的 X- γ 辐射剂量率最大为 0.39 μ Sv/h；

③在电压 120kV、管电流 100mA、曝光时间 200ms 检测条件时，医院 DR 室观察窗、工作人员进出防护门、操作位、受检者进出防护门、四面墙体、机房楼上、控制室线孔的 X- γ 辐射剂量率最大为 0.93 μ Sv/h；

根据监测结果，医院现有的 3 台射线装置工作场所各检测点的周围剂量当量率均符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。

（7）辐射环境监测设备配备及检定情况

医院尚未配备便携式辐射剂量监测仪，本项目 DSA 为 II 类射线装置，环评要求医院尽快配备 1 台便携式 X- γ 空气比释动能率仪，每年应将 X- γ 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。

1.2.3 针对医院现存问题提出的改进建议

（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》《辐射监测计划》《DSA 操作规程》等。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）对尚未参加培训的放射工作人员（高娜）应安排尽快参加辐射安全与

防护培训并取得合格证书或培训成绩单。

(3) 医院尚有 7 名辐射工作人员（张长安、王诚勇、薛旭涛、常陇炳、朱田雨、张添、高娜）未配备个人剂量计，环评要求医院尽快为其配备个人剂量计，建立个人剂量检测档案并存档。

(4) 医院应对新入职的张长安及时进行职业健康体检，并建立职业健康体检档案且存档。

(5) 医院应配备1台便携式X- γ 空气比释动能率仪，每年应将X- γ 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	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加速器

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

(二) X 射线机：包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	DSA	Ⅱ	1 台	Pilot 3000	125	800	介入诊断/ 辅助治疗	DSA 手术室	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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	最大靶电流	中子强度	用途	工作场所	氚靶情况	备注
----	----	----	----	----	-------	-------	------	----	------	------	----

					(kV)	(mA)	(n/s)			活度 (Bq)	贮存 方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	少量	/	/	/	通过动力通风装置排 出手术室，满足手术 室通风换气要求
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法（修订）》，2015 年 1 月 1 日施行；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法（2018 修正）》，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》，2003 年 10 月 1 日起施行；</p> <p>(4) 《修改〈建设项目环境保护管理条例〉的决定》，国务院令 682 号修改，2017 年 10 月 1 日施行；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例（修订）》，国务院令 709 号第二次修订，2019 年 3 月 2 日；</p> <p>(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 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行；</p> <p>(7) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》；</p> <p>(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；</p> <p>(9) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（修订）》，生态环境部令 20 号第四次修改，2021 年 1 月 4 日；</p> <p>(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</p>
----------	--

	<p>26 日起施行；</p> <p>(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；</p> <p>(12) 《陕西省放射性污染防治条例（2019 年修订）》，陕西省人大，2019 年 7 月 1 日起施行；</p> <p>(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。</p>
<p>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》（HJ10.1-2016）；</p> <p>(3) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；</p> <p>(4) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>(5) 《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）；</p> <p>(6) 《职业性外照射个人检测规范》（GBZ128-2019）；</p> <p>(7) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；</p> <p>(8) 《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》（WS76-2020）。</p>
<p>其他</p>	<p>(1) 环境影响评价委托书；</p> <p>(2) 医院提供的其他相关资料。</p>

--	--

表 7 保护目标和评价标准

7.1 评价范围

项目拟配置的数字减影血管造影设备（DSA）为Ⅱ类射线装置，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“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”的要求，参考《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）对放射性同位素与射线装置应用的辐射监测技术要求，结合项目实际选址，确定项目辐射环境影响评价的范围为 DSA 手术室防护屏蔽墙体外 50m。项目环境影响评价范围见图 1-4。

7.2 主要环境保护目标

表 7-1 环境保护目标一览表

保护对象	相对位置	环境保护目标	最近距离	人口规模	控制目标	
职业人员	介入手术室	介入手术医护人员	0.8m	3 人	年有效剂量不大于 5mSv	
	操作间	操作间操作人员	3.5m	2 人		
公众	手术室	其他医护人员	2.6m	1 人	年有效剂量不大于 0.1mSv	
		其他患者及陪同家属		流动人员		
	走廊	其他医护人员	4.9m	6 人		
		其他患者及陪同家属		流动人员		
	室北侧	耗材室、专家休息室、护士办公室、器械室、第一手术室	其他医护人员	7.2m		10 人
			其他患者及陪同家属			流动人员
		医技楼、影像楼	其他医护人员、患者及陪同家属	27.1m		流动人员
		门诊楼、预检分	其他医护人员、患	42.3m		流动

		诊室	者及陪同家属		人员
手术室 东侧		院内道路、污水处理站、商店、门卫室	其他医护人员、患者及陪同家属	10.8m	流动人员
		停车场	其他患者及陪同家属	14.2m	流动人员
手术室 西侧		污物间、更衣间、麻醉监测室、第二手术室	其他医护人员	3.5m	8人
			其他患者及陪同家属		流动人员
		院内道路、辅助楼	其他医护人员、患者及陪同家属	26.4m	流动人员
		感染病区、感染门诊、澡堂、热力站	其他医护人员	35.3m	12人
		其他患者及陪同家属	流动人员		
手术室 南侧		住院楼、氧气站	其他医护人员	7.5m	流动人员
			其他患者及陪同家属		
		停车场、绿化带	其他医护人员、患者及陪同家属	46.8m	流动人员

	手术室 楼上	食堂	其他医护人员、患者及陪同家属	2.9m	流动 人员
	手术室 楼下	病区	其他医护人员	2.2m	6人
其他患者及陪同家属			流动 人员		

7.3 评价标准

7.3.1 《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。

7.3.2 《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）

本标准适用于X射线影像诊断和介入放射学。

5 X射线设备防护性能的技术要求

5.1.1 X射线设备出线口上应安装限束系统（如限束器、光阑等）。

5.1.2 X射线管组件上应有清晰的焦点位置标志。

5.1.3 X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

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

5.2.2 透视曝光开关应为常断式开关，并配有透视计时及限时报警装置。

5.2.3 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20cm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。

6 X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；

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7-2的规定。

表 7-2 X射线设备机房（照射室）使用面积及单边长度的要求

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)
单管头X射线设备 (含 C 形臂、乳腺 CBCT) ^注	20	3.5

注：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。

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 7-3 规定。

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 (mmPb)	非有用线束方向铅当量 (mmPb)
C 形臂 X 射线设备机房	2.0	2.0

6.3 X射线设备机房屏蔽体外剂量水平

6.3.1 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

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

6.4 X射线设备工作场所防护

6.4.1 机房应设有观察窗或摄像监控装置，其设置的位置应便于观察到受检者状态及防护门开闭情况。

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7-4基本种类要求的工作人员、受检者防护用品与辅助防护设施，其数量应满足开展工作需要，对陪检者应至少配备铅橡胶防护衣。

表 7-4 个人防护用品和辅助防护设施配置要求

放射检查类型	工作人员		受检者和受检者	
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护用品
介入放射性 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/铅防护帘/床侧防护屏/床侧防护帘 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。

6.5.3 除介入防护手套外，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于0.25mmPb；介入防护手套铅当量应不小于0.025mmPb；甲状腺、性腺防护用品铅当量应不小于0.5mmPb；移动铅防护屏风铅当量应不小于2mmPb。

6.5.4 应为儿童的X射线检查配备保护相应组织和器官的防护用品，防护用

品和辅助防护设施的铅当量应不小于0.5mmPb。

6.5.5 个人防护用品不使用时，应妥善存放，不应折叠放置，以防止断裂。

7.3.3 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）“4.3.3 防护与安全的最优化”、“4.3.4 剂量约束和潜在照射危险约束”中规定“……个人受照剂量的大小、受照射的人数以及受照射的可能性均保持在可合理达到的尽量低水平”，同时结合医院制定的剂量约束值，本次评价对职业照射和公众照射的年受照剂量约束值分别进行了以下设定：

- (1) 放射工作人员的年受照剂量约束值：5mSv/a；
- (2) 周围公众的年受照剂量约束值：0.1mSv/a。



表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理位置及场所位置

8.1.1 医院地理位置

医院地理位置见图 1-1，医院总平面布置见图 1-4。

8.1.2 项目场所位置

项目在住院楼五层的位置见图 1-8。

8.2 辐射环境质量现状

8.2.1 监测方法

为了解项目所在场所的环境 γ 辐射本底水平，本次评价引用陕西新高科辐射技术有限公司对项目 DSA 手术室及周边环境的 γ 辐射剂量当量率检测报告中相关数据。

监测方法如下：

- (1) 监测因子：环境 γ 辐射剂量率。
- (2) 监测点位：监测点位分布情况详见图 8-1。

检测点位选在拟建 DSA 机房及周围区域，检测点位距地面 1m 处，每个点位测量 10 组数据。（经度：108.78° 纬度：34.26° 海拔：0.39km）

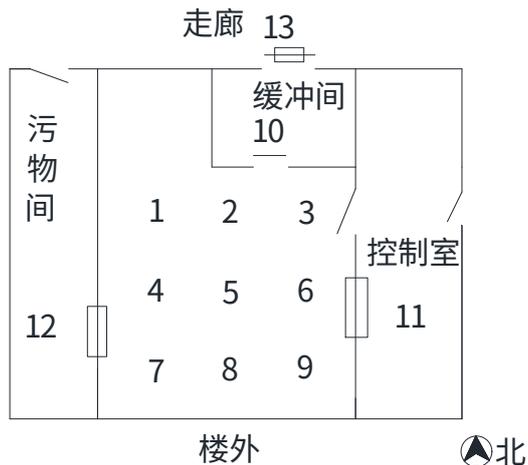


图 8-1 DSA 手术室监测点位布设示意图

(3) 监测频次：2021 年 11 月 9 日，每个点位连续检测 10 次。

(4) 检测仪器详细信息见表 8-1。

表 8-1 检测仪器信息

检测仪器 名称、型号、编号	测量范围	检定单位	证书编号	证书有效期
环境监测用 X、γ 辐射 空气比释动能率仪 FD-3013H-5877	0.01~ 200 μSv/h	中国辐射防护 研究院放射性 计量站	检字第 [2021]-R0190	2021.1~ 2022.1

(5) 质量保证：

结合现场实际情况及监测的可到达性，在项目建设场址及周边环境布设监测点位，充分考虑检测点位的代表性和可重复性，以保证检测结果的科学性和可比性。

严格按照《环境地表γ辐射剂量率测定规范》、《辐射环境监测技术规范》进行监测；检测仪器每年定期经有资质的计量部门检定、校准，检定合格后方

可使用；每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常；检测人员持证上岗；监测结果经三级审核，保证监测数据的准确。

8.2.2 监测结果及评价

项目手术室及周边环境的 γ 辐射剂量当量率监测结果见表 8-2。

表 8-2 DSA 工作场所环境 γ 辐射剂量率监测结果

点位编号	点位描述	检测结果 ($\mu\text{Gy/h}$)	
		范围	平均值
1	拟建 DSA 机房内检测点 1	0.07~0.09	0.08
2	拟建 DSA 机房内检测点 2	0.08~0.10	0.09
3	拟建 DSA 机房内检测点 3	0.08~0.10	0.09
4	拟建 DSA 机房内检测点 4	0.07~0.10	0.09
5	拟建 DSA 机房内检测点 5	0.09~0.10	0.10
6	拟建 DSA 机房内检测点 6	0.07~0.10	0.09
7	拟建 DSA 机房内检测点 7	0.07~0.09	0.08
8	拟建 DSA 机房内检测点 8	0.08~0.10	0.09
9	拟建 DSA 机房内检测点 9	0.07~0.09	0.08
10	缓冲间	0.08~0.10	0.09
11	控制室	0.08~0.10	0.09
12	污物间	0.09~0.10	0.10
13	走廊	0.09~0.10	0.10

—	机房楼上（食堂）	0.07~0.10	0.08
—	机房楼下（病房）	0.09~0.10	0.09

注：1.表中数据已扣除宇宙射线响应值，此处宇宙射线响应值为 0.028 μ Gy/h,建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子按楼房取 0.8。

2.因检测仪器 FD-3013H-5877 使用 ^{137}Cs 放射源进行检定，根据 HJ1157-2021，换算系数取 1.20Sv/Gy。

综上，项目拟建辐射工作场所的环境 γ 辐射当量剂量率为 0.07~0.10 μ Gy/h，表明项目所在地空气吸收剂量率处于正常环境本底水平，辐射环境质量现状无异常。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备和工艺分析

9.1.1 设备组成

DSA (Digital Substraction Angiography, 数字减影血管造影设备) 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。

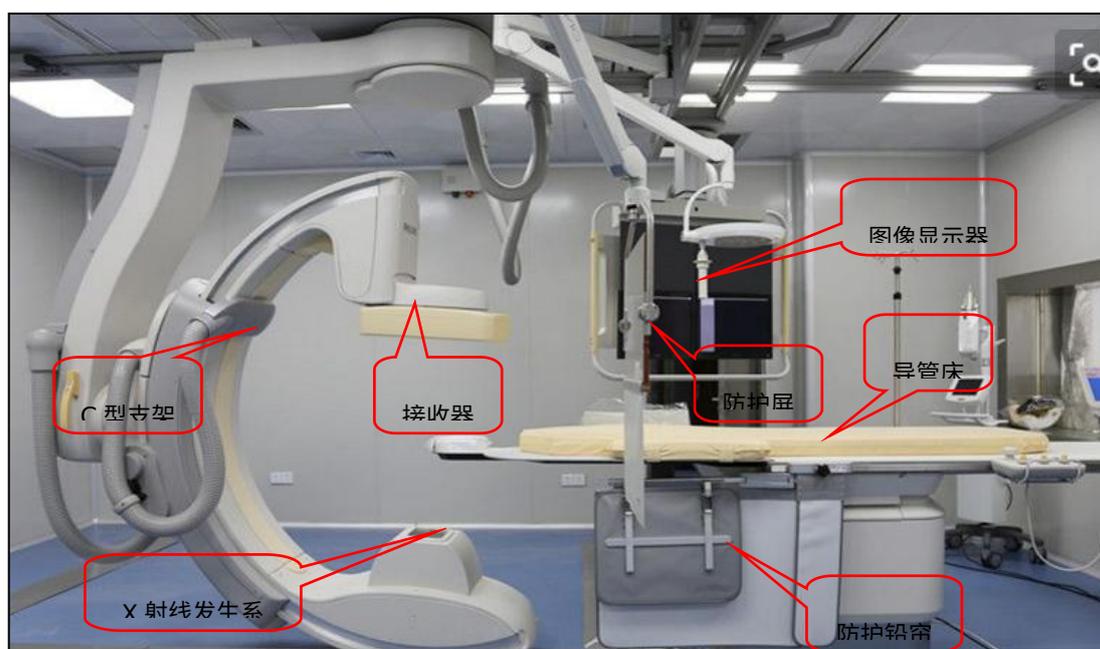


图 9-1 数字减影血管造影机外观图

9.1.2 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血管注入，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。

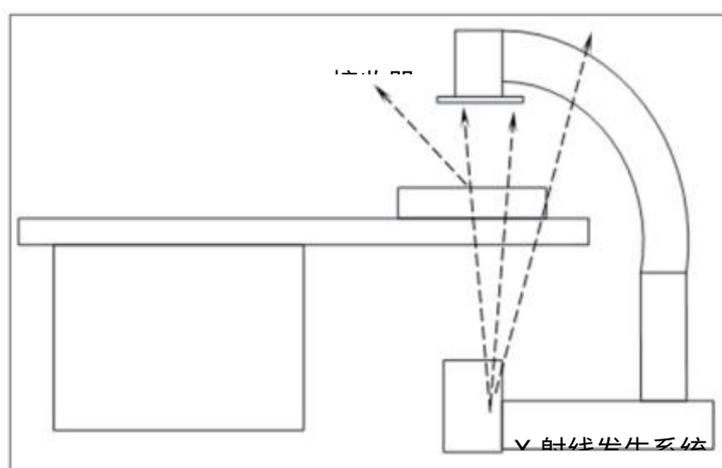


图 9-2 DSA 工作示意图

9.1.3 操作流程

数字减影血管造影设备（DSA）在进行曝光时分为诊断和介入治疗两种情况。

(1) 诊断

诊断采用隔室操作方式，通过控制 X 线系统曝光，采集造影部位图像。具体方式是受检者位于检查床上，医护人员调整 X 线球管、人体、影像增强器三

者之间的距离，然后进入操作间，关好防护门。医师、操作人员通过操作间的电子计算机系统控制的 X 系统曝光，采集造影部位图像。医师根据该图像确诊患者病变的范围、程度，选择治疗方案。

(2) 介入治疗

DSA 介入治疗采用近台同室操作方式，通过控制 DSA 的 X 线系统曝光，对患者的部位进行间隙式透视。具体方法是受检者位于手术床上，介入手术医师位于手术床旁，距 DSA 的 X 线管 0.8-1.0m 处，在非主射束方向，配备个人防护用品（如铅衣、铅围脖、铅眼镜、铅手套等），同时手术床旁设有屏蔽挂帘和移动式防护帘。介入治疗中，医师、护士佩戴防护用品，医师根据操作需求，踩动手术床下的脚踏开关启动 DSA 的 X 线系统进行透视（DSA 的 X 线系统连续发射 X 射线），通过悬挂显示屏上显示的连续画面，完成介入操作。每台手术 DSA 系统的 X 线系统进行透视的次数及每次透视时间因患者的部位、手术的复杂程度而不同。介入手术结束后关机，病人离开介入室。

9.1.4 污染因子

数字减影血管造影设备（DSA）在正常曝光期间主要的污染因子为 X 射线、臭氧、氮氧化物等。由于项目注入的造影剂不含放射性，不会产生放射性废物。射线装置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。

介入手术操作流程及产污环节见图 9-3。

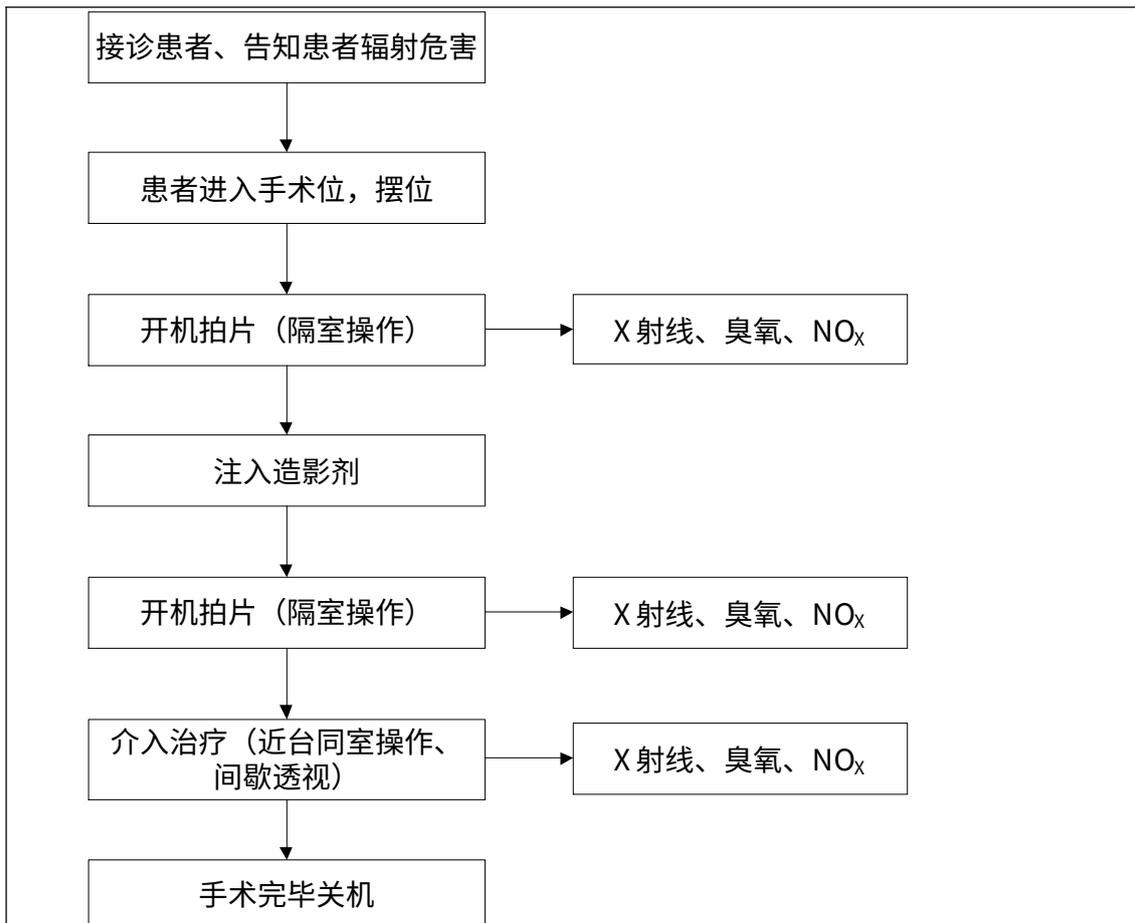


图 9-3 设备操作流程及产污环节示意图

9.1.5 医护、患者、污物流动路线

(1) 医护人员流动路线：医护人员经走廊进入更衣间，更衣后进入操作间，经工作人员防护门进入手术室；

(2) 患者流动路线：患者经走廊进入缓冲间，通过患者进出门进入手术室；

(3) 污物流动路线：污物经 DSA 手术室西侧的污物传递箱进入污物间，在污物间对污物就地打包，放置在污物间的污物暂存处。污物转运必须在周边无患者或其他公众情况下，医院应做好院感防控方面的工作。

项目医护人员、患者、污物流动路线详见图 1-6。

9.2 污染源项描述

9.2.1 正常工况下污染途径

数字减影血管造影设备（DSA）开机时发出 X 射线，X 射线贯穿手术室的屏蔽墙进入外环境，对操作室内职业工作人员及手术室周围公众产生外照射影响；在介入手术过程中，对手术室内医护人员造成较高剂量的外照射。

此外，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，通过在手术室内安装动力通风装置，可满足手术室通风换气要求。

项目注入的造影剂不含放射性，采用先进的数字显影技术，无废显影液和定影液产生。职业工作人员产生的生活污水量较小，污水进入医院污水处理站，处理达标后排入市政污水管网。

手术室产生的医用器具和药棉、纱布、手套等医疗废物在手术室由专用包装袋、容器分类收集后，经 DSA 手术室西侧的污物传递箱进入污物间，在污物间对污物就地打包，放置在污物间的污物暂存处，最终委托有资质的单位处置。职业工作人员产生的少量的生活垃圾经垃圾桶分类收集后由环卫部门统一处理。

9.2.2 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) 人员在防护门关闭后未撤离手术室，射线装置开始运行，对其造成额外误照射。

(3) 医生在手术室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，对手术室内医生造成误照射。

(4) 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。

(5) 介入治疗时，医生未穿戴防护用品进入手术室，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。

(6) 安全警示装置发生故障，医护人员误入正在运行的手术室造成额外照射。

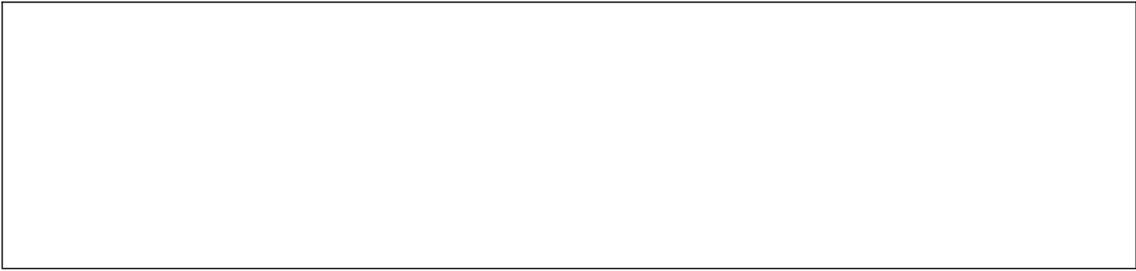


表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 辐射工作场所分区

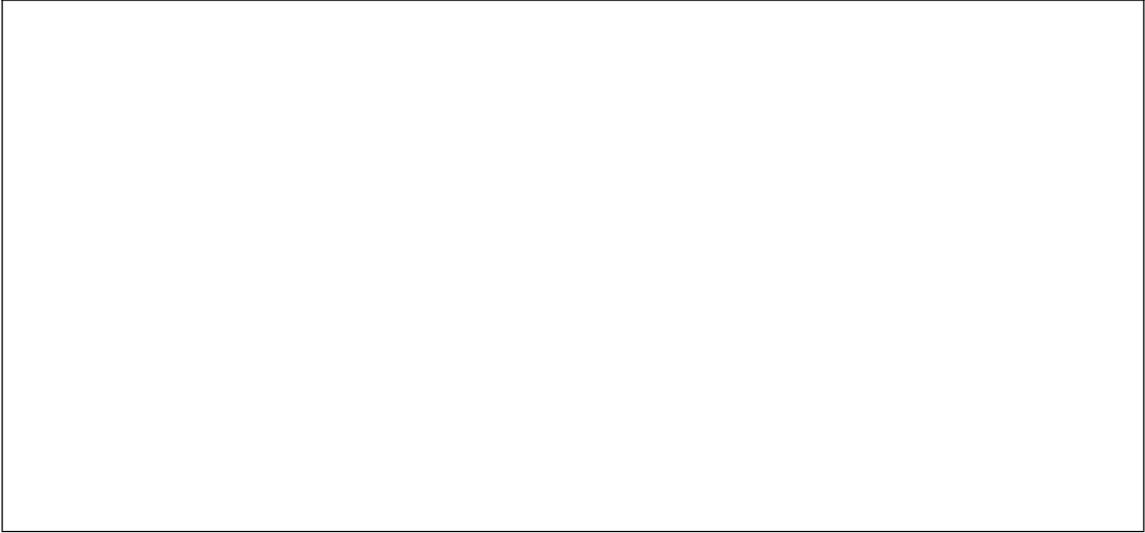
根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），辐射工作场所应分为控制区及监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

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。

根据项目位置平面布局，将 DSA 手术室防护屏蔽体（包括屏蔽墙、屋顶、地板、防护门、防护窗等）以内的区域划分为控制区，与 DSA 控制区相邻的操作间、缓冲间、污物间、手术室正上方区域（食堂）、手术室正下方区域（病区）等划分为监督区。

项目分区示意图见图 10-1、10-2、10-3。



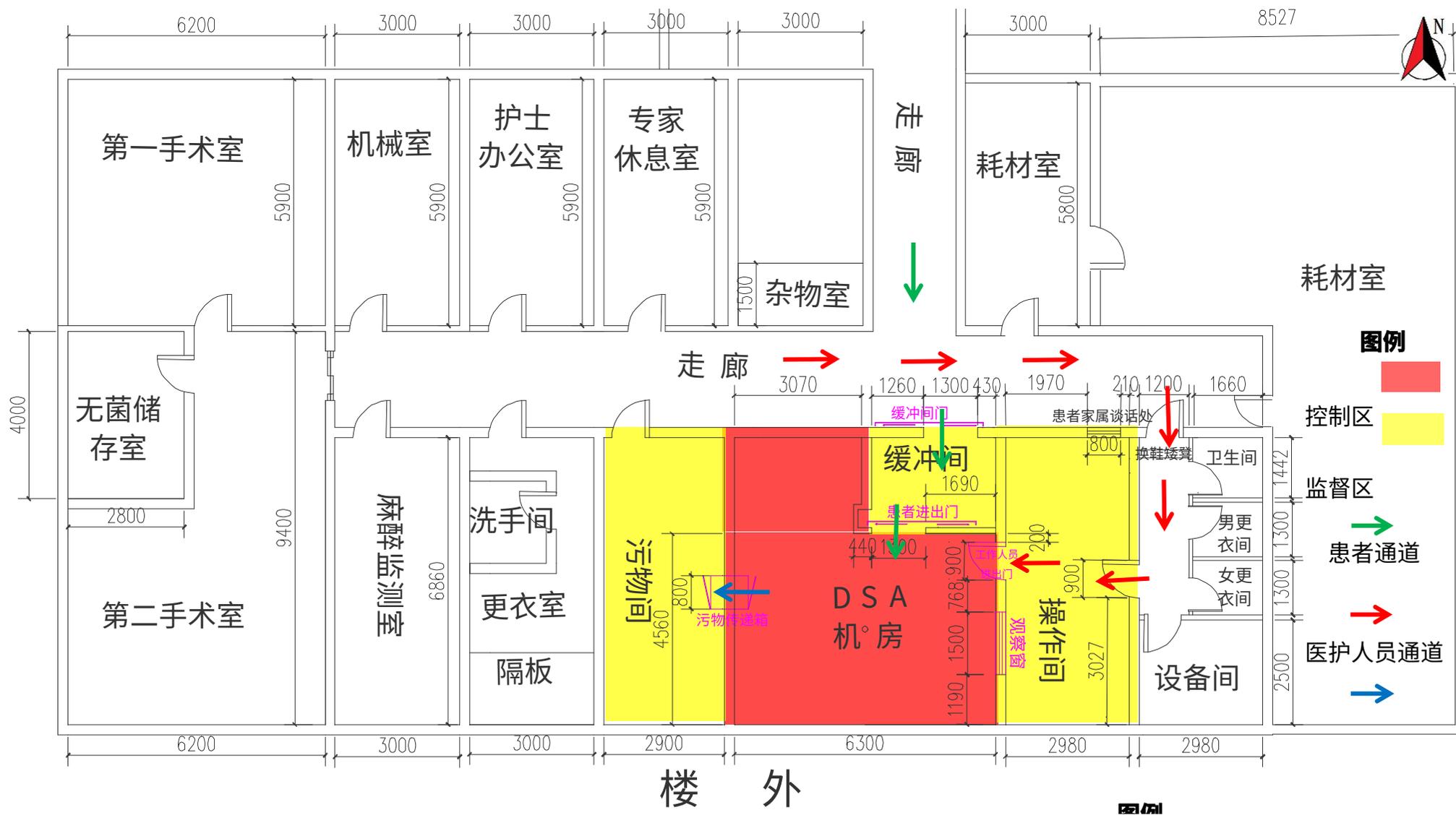


图 10-1 项目工作场所分区示意图 (五层)

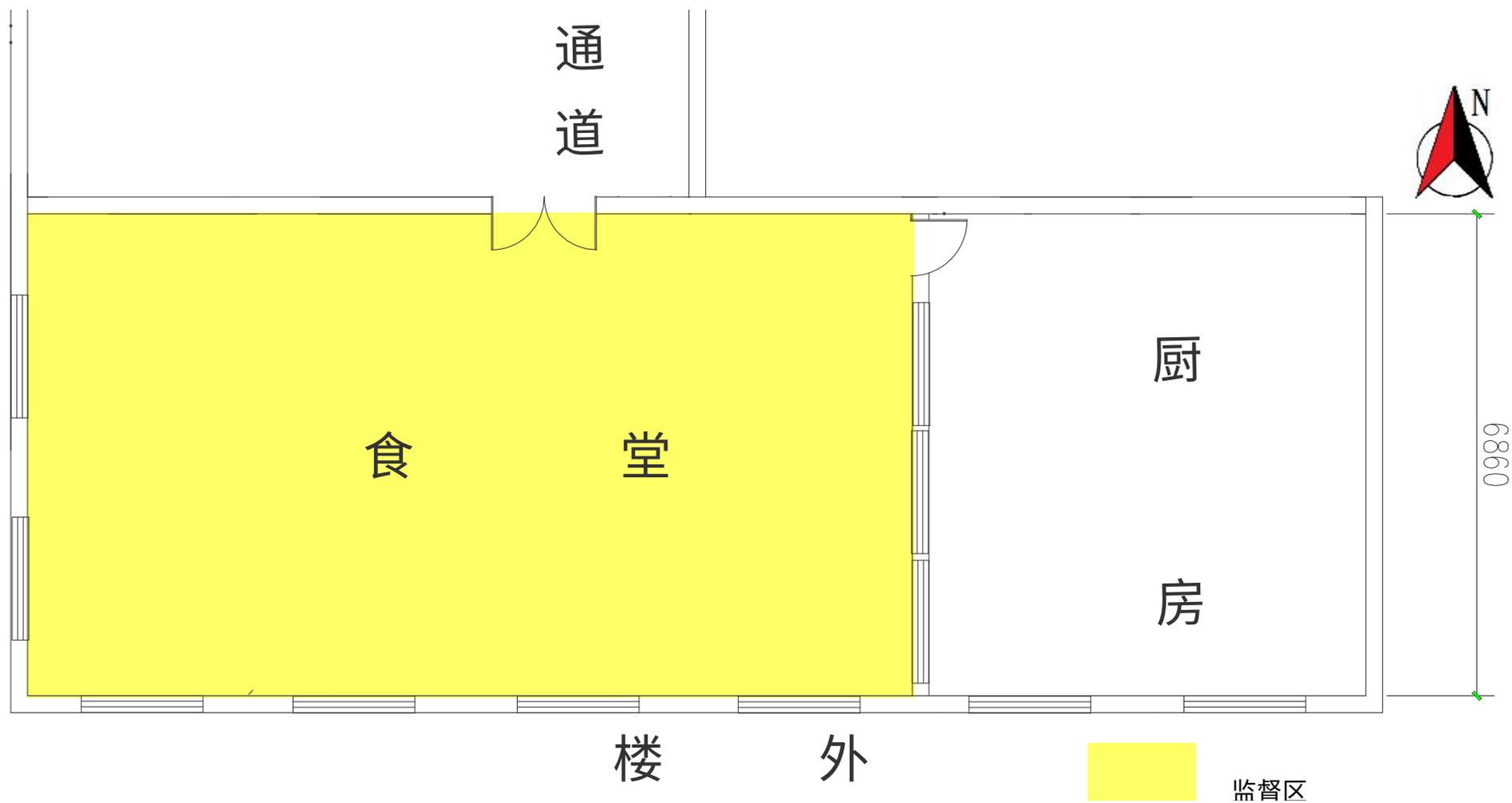


图 10-2 六层工作场所分区示意图

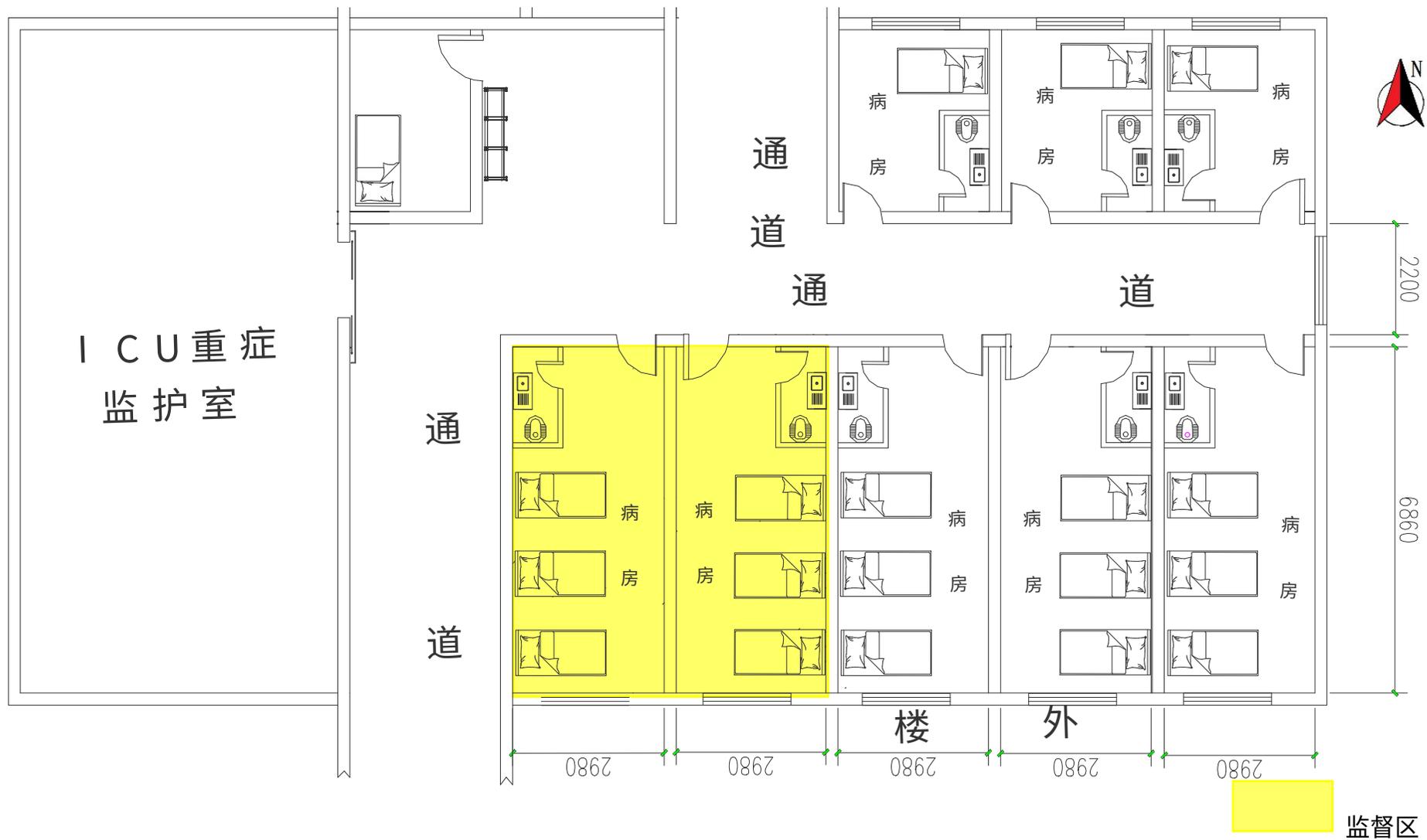


图 10-3 四层工作场所分区示意图

10.1.2 辐射防护屏蔽设计

10.1.2.1 设备固有的主动防护技术

项目 DSA 设备应该但不限于以下先进的主动防护技术：

(1) 高速宽带数字化平板探测器采用了整板制造技术、提高了 X 线利用效率；采用 ARC3 量子通道模数转换器及全通道并行平板数据传输设计，实现了平板超快数据传输，提高了图像质量同时降低了 X 射线剂量。

(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采集功能的控制键。

(3) X 射线设备应配备能阻止使用焦皮距小于 20cm 的装置。

(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记录。

(5) 高 DQE (X 光转换效率) 的整板平板探测器、3.7 兆内栅控球管、63Khz 超高频高压发生器结合为一体，使剂量差异化、个性化，最终实现超低的成像剂量。

10.1.2.2 工作场所辐射屏蔽设计

(1) 机房屏蔽设计

项目 DSA 手术室与的辐射屏蔽防护相关参数详见表 10-1。120mm 混凝土、240mm 实心砖在 125kV 下的等效铅当量计算根据 GBZ130-2020 附录 C 公式 C.1 和 C.2， α 、 β 、 γ 取值自 GBZ130-2020，见表 10-1。

$$B = \left[\left(1 + \frac{\beta}{\alpha} \right) e^{\alpha x} - \frac{\beta}{\alpha} \right]^{\frac{1}{\gamma}} \dots\dots\dots (C.1)$$

$$X = \frac{1}{\alpha\gamma} \ln\left(\frac{B^{-\gamma} + \frac{\beta}{\alpha}}{1 + \frac{\beta}{\alpha}}\right) \dots\dots\dots (C.2)$$

表 10-1 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数

电压	材料	α	β	γ
125kV	混凝土	0.03502	0.07113	0.6974
	砖	0.02870	0.06700	1.346
	铅	2.219	7.923	0.5386

注： α 、 β 、 γ 取值自 GBZ130-2020。

计算得管电压 125kV 下，100mm 混凝土等效铅当量约为 1.17mmPb，240mm 实心砖等效铅当量约为 2.28mmPb。

根据《辐射防护手册 第三分册》第 62 页表 3.3，在管电压 150kV 条件下，7mm 硫酸钡砂（密度 3.2 t/m³）相当于 0.5mm 铅当量，则可推算出 30mm 硫酸钡砂相当于 2.14mm 铅当量，45mm 硫酸钡砂相当于 3.21mm 铅当量。项目 DSA 设备最大管电压为 125kV，但因《辐射防护手册 第三分册》中没有关于 125kV 管电压下的硫酸钡砂的等效铅当量数据，故本次评价按 150kV 管电压下 30mm 硫酸钡砂（密度 3.2 t/m³）相当于 2.14mm 铅当量、45mm 硫酸钡砂（密度 3.2 t/m³）相当于 3.21mm 铅当量偏保守估算。

项目 DSA 手术室的防护能力见表 10-2。

表 10-2 DSA 手术室防护能力一览表

屏蔽防护体名称	屏蔽设计厚度	等效铅当量

四周墙体	240mm 实心砖墙+30mm 硫酸钡防护涂料	4.42mmPb
屋顶	100mm 混凝土+45mm 硫酸钡防护涂料	4.38mmPb
地板	100mm 混凝土+30mm 硫酸钡防护涂料	3.31mmPb
工作人员防护门	4mmPb 当量电动平开门	4.0mmPb
患者进出门	4mmPb 当量电动推拉门	4.0mmPb
观察窗	4mmPb 当量铅玻璃和窗框	4.0mmPb
污物传递箱	4mmPb 当量窗框和铅玻璃	4.0mmPb

10.1.2.3 安全防护措施

(1) 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，候诊区应设置放射防护注意事项告知栏。

(2) 防护门上方应设置醒目的工作状态指示灯，指示灯的灯箱上宜设有“射线有害，灯亮勿入”的警示语句。指示灯与患者进出防护门应能够有效联动。

(3) 患者进出门为外置电动推拉门（带感应装置），设置曝光时关闭机房门的门机联锁管理措施，设置有脚踩式防夹装置。

(4) 工作人员防护门为电动平开门，设置有自动闭门装置。

(5) 控制室设置有观察窗（尺寸：1300mm×900mm），观察窗的位置便于操作人员观察手术室内工作人员、患者状态及防护门开闭情况。

(6) DSA 设备上安装有视频监控装置。

(7) 手术室内布局要合理，尽量避免有用线束直接照射门、窗和管线口（包括线缆沟、通风管道等）位置和工作人员操作位。

(8) 手术室设置有动力通风装置，设备运行时应打开以保持良好的通风。

(9) 医院应配备 1 台便携式辐射剂量监测仪，定期对放射工作场所巡检并建立监测数据档案。

(10) 手术室内应配备铅当量不小于 0.5mmPb 的铅悬挂防护屏、0.5mmPb 铅防护帘、0.5mmPb 床侧防护帘、0.5mmPb 床侧防护屏、2mmPb 移动铅防护屏风（选配）等辅助防护设施，具体数量根据使用需求进行调整。应为放射工作人员配备铅当量不小于 0.5mmPb 的铅橡胶围裙、0.5mmPb 的铅橡胶颈套、0.025mmPb 介入防护手套、0.25mmPb 铅防护眼镜、0.25mmPb 铅橡胶帽子（选配）等个人防护用品，具体数量根据使用需求进行调整，并正确佩戴个人剂量计。为患者配备铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子等防护用品。对患者病灶进行照射时，将患者病灶以外的部位用防护用品（其中儿童铅当量不小于 0.5mmPb）进行遮盖，以避免患者受到不必要的照射。

项目配备的个人防护用品和辅助防护设施要求见表 10-3。

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	
	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、铅防护眼镜、介入防护手套	铅悬挂防护屏/铅防护帘/床侧防护屏/床侧防护帘	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子	不需要

	选配：铅橡胶 帽子	选配：移动铅防 护屏风		
注：工作人员的个人防护用品和辅助防护设施的数量根据实际需求灵活调整；成人和儿童患者的个人防护用品各 1 套。				

10.2 “三废”的治理

项目注入的造影剂不含放射性，DSA 设备在运行过程中不产生放射性“三废”。项目配备 5 名辐射工作人员，均从医院现有工作人员中调配，仅新增少量生活污水及生活垃圾，统一纳入医院污水处理系统及生活垃圾清运系统，本次评价不再对工作人员的生活垃圾和生活污水进行分析。

10.2.1 废水

项目采用先进的数字显影技术，无废显影液和定影液产生。

10.2.2 废气

设备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。根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求：机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。本项目在手术室天花板东南角和西南角各设置有 1 个 30×30cm 的单层百叶排风口，手术室内产生的微量臭氧、氮氧化物等由排风管道通过南侧墙体排出室外，对周围环境影响极小，在手术室天花板北侧设置有 1 个 30×30cm 单层百叶进风口，与南侧墙体上的进风管道相接，保证室内良好通风。

10.2.3 固体废物

项目采用先进的数字显影技术，不会产生废胶片。介入手术时产生的医用器具和药棉、纱布、手套等医疗废物，在手术室由专用包装袋、容器分类收集后，经 DSA 手术室西侧的污物传递箱进入污物间，在污物间对污物就地打包，放置在污物间的污物暂存处，最终委托有资质的单位处置。

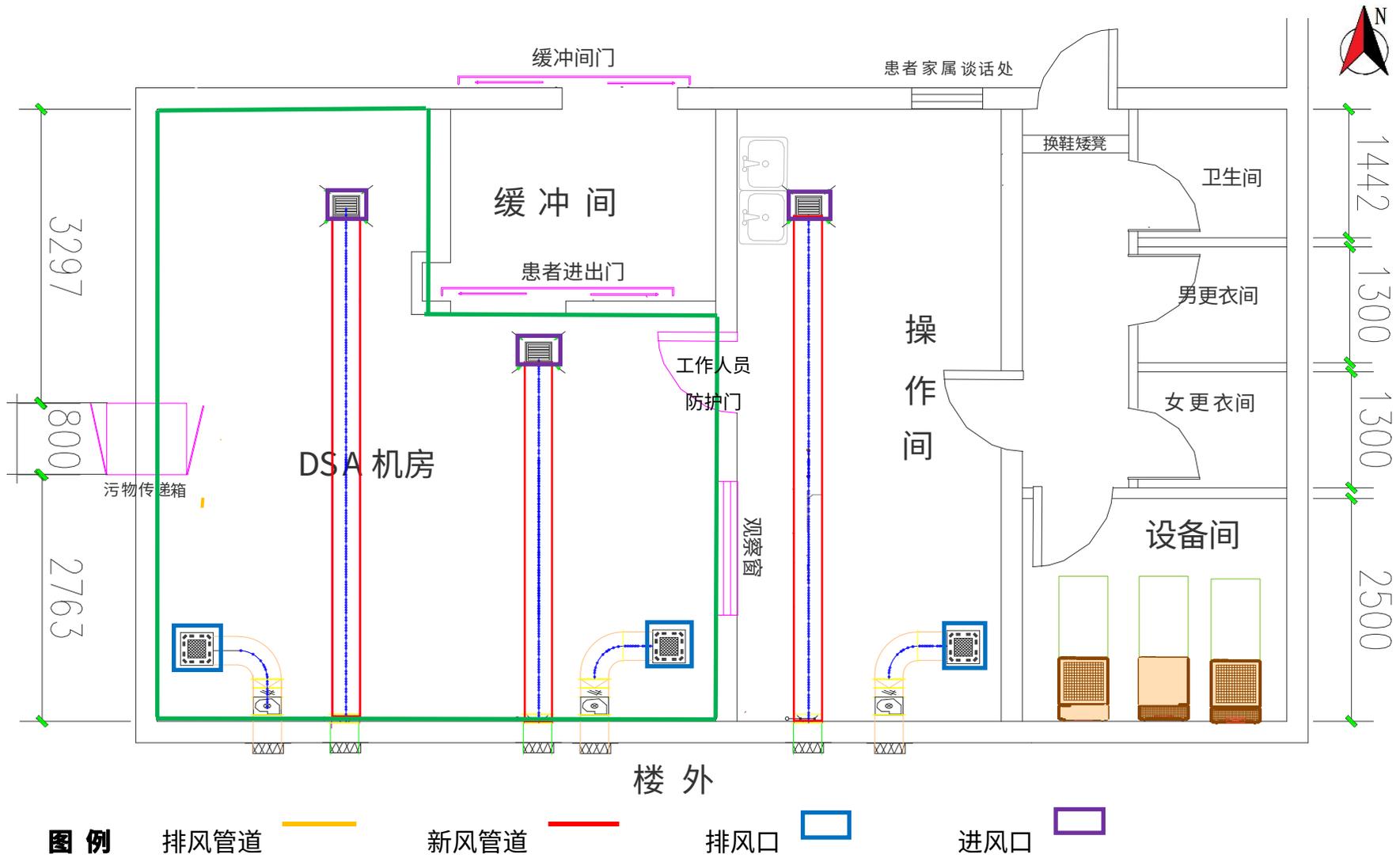


图 10-4 手术室排风细节图

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

项目手术室及其辅助用房建设阶段对环境的影响主要为后续装修过程产生的少量施工噪声、废气、废水、建筑垃圾等，施工期对环境的影响是短暂的、局部的，将随着建设过程的结束而消失，且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。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 防护能力符合性分析

11.2.1.1 工作场所辐射屏蔽设计符合性

本项目 DSA 手术室的防护能力符合性分析见表 11-1。

表 11-1 本项目 DSA 手术室防护能力符合性分析

项目	设计屏蔽措施	等效铅当量	标准要求	评价
四周墙体	240mm 实心砖墙+30mm 硫酸钡防护涂料	4.42mmPb	2mmPb	符合
屋顶	100mm 混凝土+45mm 硫酸钡防护涂料	4.38mmPb	2mmPb	符合
地板	100mm 混凝土+30mm 硫酸钡防护涂料	3.31mmPb	2mmPb	符合
工作人员防护门	4mmPb 当量电动平开门	4.0mmPb	2mmPb	符合
患者进出门	4mmPb 当量电动推拉门	4.0mmPb	2mmPb	符合

观察窗	4mmPb 当量铅玻璃和窗框	4.0mmPb	2mmPb	符合
污物传递箱	4mmPb 当量窗框和铅玻璃	4.0mmPb	2mmPb	符合

由表 11-1 可知，DSA 手术室四周墙体、观察窗、防护门、屋顶和地面的等效铅当量在 3.31~4.42mmPb 之间，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）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。

11.2.1.2 手术室面积和最小单边长度符合性

项目 DSA 手术室东西长 6.3m、南北宽 4.6m，有效使用面积约为 28.98m²；

均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“机房内最小有效使用面积 20m²，机房内最小单边长度 3.5m”的要求。

11.2.2 辐射环境影响分析

11.2.2.1 理论估算

(1) 关注点选取

关注点的选取主要考虑可能对放射工作人员或公众产生影响的区域，项目各关注点分布示意简图见图 11-1、图 11-2。



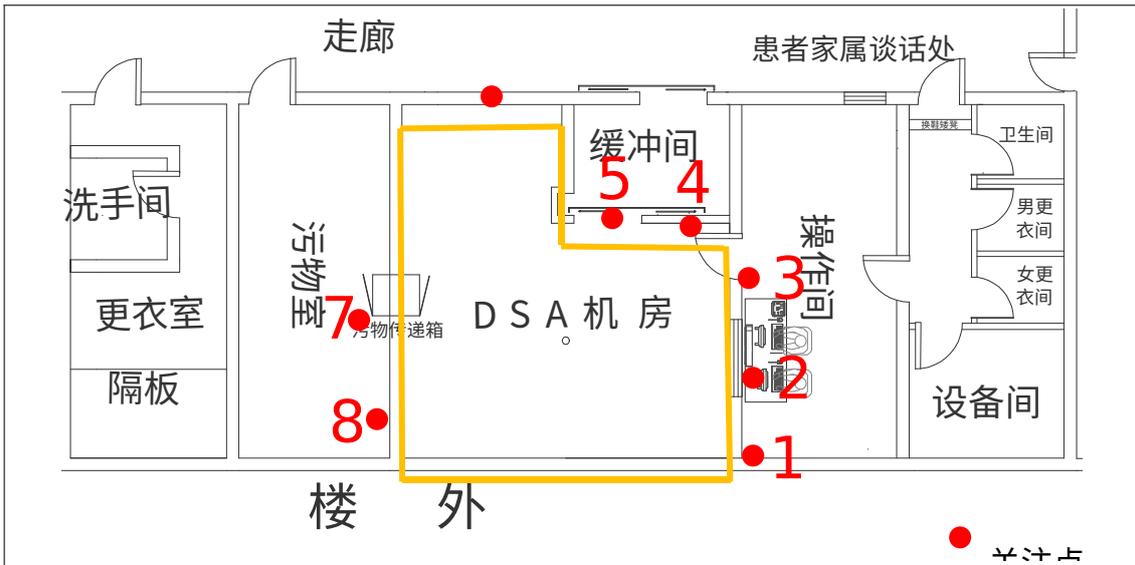


图 11-1 DSA 手术室各关注点分布简图

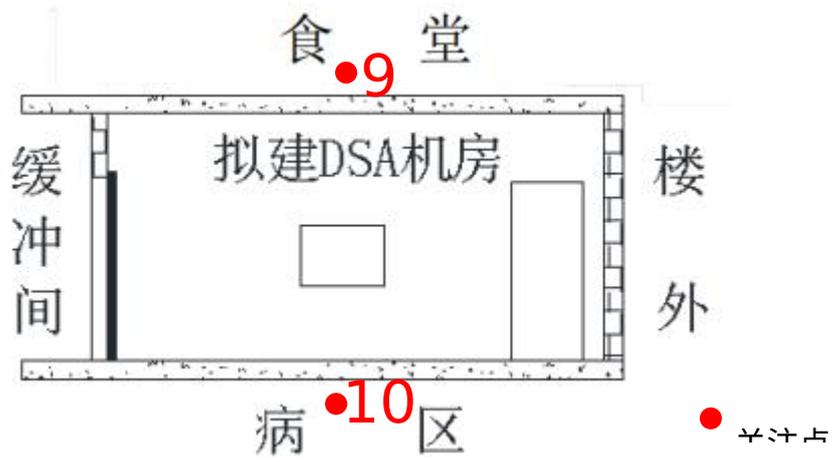


图 11-2 DSA 手术室楼上楼下关注点分布简图

(2) 各关注点剂量率估算

本项目 DSA 最大管电压为 125kV，最大管电流为 800mA，最大连续热耗散为 4.5kW，DSA 包括透视和采集两种工作模式。根据 ICRP 33《医用外照射源的辐射防护》P55 图 2，当管电压为 125kV 时，2mmAl 滤过下，离靶 1m 处的剂量率读值见表 11-2。

表 11-2 不同电压下离靶 1 米处的剂量率

电压	离靶 1m 处的剂量率读值 (mGy/mA·min)
----	----------------------------

125kV	11
-------	----

项目DSA瞬间工作时最大输出功率为80kW，连续工作时最大输出功率为2.5kW，因此最大管电压下的最大管电流经计算为640mA（80kW÷125kV=640mA），连续透视时最大管电流为20mA（2.5kW÷125kV=20mA），则透视时最大管电流取20mA，采集时最大管电流取640mA，本项目DSA不同运行条件下的参数取值见表11-3。

表 11-3 本项目 DSA 不同运行条件下的参数取值

设备	运行条件		距靶点 1m 处的剂量率 H ₀ (μGy/h)
DSA	透视	125 kV, 20mA	1.32E+07
	采集	125 kV, 640mA	4.22E+08

项目射线装置主束照向患者，各关注点处仅考虑泄漏线和散射线影响，一般射线泄漏率按0.1%估算。

1) 泄漏周围剂量当量率估算

① 估算方法

泄漏周围剂量当量率计算公式参考《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）。对于给定的屏蔽物质，屏蔽透射因子依据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C 计算。

$$H @ \frac{f \times H_0 \times B}{R^2} \dots\dots\dots (11-1)$$

$$B @ \frac{e^{-\mu_0 x}}{e^{-\mu_0 x}} \dots\dots\dots (11-2)$$

式中：H—关注点处的泄漏周围剂量当量率，μSv/h；周围剂量当量率与空

气吸收剂量率换算系数在辐射屏蔽计算时通常取 1Sv/Gy。

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 11-4。

表 11-4 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数

电压	材料	α	β	γ
125kV	铅	2.219	7.923	0.5386

注：α、β、γ取值参考《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C。

②估算结果

不同模式下各关注点的泄漏辐射剂量率估算见表 11-5。

表 11-5 DSA 手术室不同模式下各关注点泄漏周围剂量当量率计算结果一览表

工 作 模 式	关注点位置描述		序 号	等效铅 当量 (mm)	R (m)	H ₀ (μGy/h)	B	H (μSv/h)
透	东侧	操作间墙面	1	4.42	3.7	1.32E+07	3.30E-06	3.18E-03

视		观察窗外	2	4.0	3.5	1.32E+07	8.42E-06	9.07E-03	
		工作人员门外	3	4.0	3.8	1.32E+07	8.42E-06	7.69E-03	
	北侧		缓冲间墙面	4	4.42	3.5	1.32E+07	3.30E-06	3.55E-03
			患者进出门外	5	4.0	2.6	1.32E+07	8.42E-06	1.64E-02
			走廊	6	4.42	4.6	1.32E+07	3.30E-06	2.06E-03
	西侧		污物传递箱外	7	4.0	3.8	1.32E+07	8.42E-06	7.69E-03
			污物间墙面	8	4.42	3.5	1.32E+07	3.30E-06	3.55E-03
	楼上		食堂	9	4.38	2.9	1.32E+07	3.61E-06	5.66E-03
	楼下		病区	10	3.31	2.2	1.32E+07	3.95E-05	1.08E-01
	采 集	东侧		操作间墙面	1	4.42	3.7	4.22E+08	3.30E-06
			观察窗外	2	4.0	3.5	4.22E+08	8.42E-06	2.90E-01
			工作人员门外	3	4.0	3.8	4.22E+08	8.42E-06	2.46E-01
北侧			缓冲间墙面	4	4.42	3.5	4.22E+08	3.30E-06	1.14E-01
			患者进出门外	5	4.0	2.6	4.22E+08	8.42E-06	5.26E-01
			走廊	6	4.42	4.6	4.22E+08	3.30E-06	6.58E-02
西侧			污物传递箱外	7	4.0	3.8	4.22E+08	8.42E-06	2.46E-01
			污物间墙面	8	4.42	3.5	4.22E+08	3.30E-06	1.14E-01
楼上			食堂	9	4.38	2.9	4.22E+08	3.61E-06	1.81E-01
楼下			病区	10	3.31	2.2	4.22E+08	3.95E-05	3.45E+00

2) 散射周围剂量当量率估算

①估算方法

关注点处的散射周围剂量当量率参考《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。

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

式中：H—关注点处的患者散射周围剂量当量率，μSv/h；周围剂量当量率与空气吸收剂量率换算系数在辐射屏蔽计算时通常取 1Sv/Gy。

H₀—距靶点 1m 处的最大剂量率，μGy/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 10.1，125kV 射线散射与入射 X、γ射线照射量之比值 a 为 0.0015（90° 散射，相对于 400cm² 散射面积）；

S—散射面积，取典型值 400cm²；

d₀—源与患者的距离，一般取 0.8m；

d_s—患者与关注点的距离，m；

B—屏蔽透射因子。

②估算结果

不同模式下各关注点的散射辐射剂量率估算见表 11-6。

表 11-6 DSA 手术室不同模式下各关注点散射周围剂量当量率计算结果一览

表

工作	关注点位置描述	序	等效铅	ds	H ₀	B	H (μSv/h)
----	---------	---	-----	----	----------------	---	-----------

模式		号	当量 (mm)	(m)	($\mu\text{Gy/h}$)			
透视	东侧	操作间墙面	1	4.42	3.7	$1.32\text{E}+07$	$3.30\text{E}-06$	$7.45\text{E}-03$
		观察窗外	2	4.0	3.5	$1.32\text{E}+07$	$8.42\text{E}-06$	$2.13\text{E}-02$
		工作人员门外	3	4.0	3.8	$1.32\text{E}+07$	$8.42\text{E}-06$	$1.80\text{E}-02$
	北侧	缓冲间墙面	4	4.42	3.5	$1.32\text{E}+07$	$3.30\text{E}-06$	$8.33\text{E}-03$
		患者进出门外	5	4.0	2.6	$1.32\text{E}+07$	$8.42\text{E}-06$	$3.85\text{E}-02$
		走廊	6	4.42	4.6	$1.32\text{E}+07$	$3.30\text{E}-06$	$4.82\text{E}-03$
	西侧	污物传递箱外	7	4.0	3.8	$1.32\text{E}+07$	$8.42\text{E}-06$	$1.80\text{E}-02$
		污物间墙面	8	4.42	3.5	$1.32\text{E}+07$	$3.30\text{E}-06$	$8.33\text{E}-03$
	楼上	食堂	9	4.38	2.9	$1.32\text{E}+07$	$3.61\text{E}-06$	$1.33\text{E}-02$
	楼下	病区	10	3.31	2.2	$1.32\text{E}+07$	$3.95\text{E}-05$	$2.53\text{E}-01$
采集	东侧	操作间墙面	1	4.42	3.7	$4.22\text{E}+08$	$3.30\text{E}-06$	$2.39\text{E}-01$
		观察窗外	2	4.0	3.5	$4.22\text{E}+08$	$8.42\text{E}-06$	$6.80\text{E}-01$
		工作人员门外	3	4.0	3.8	$4.22\text{E}+08$	$8.42\text{E}-06$	$5.77\text{E}-01$
	北侧	缓冲间墙面	4	4.42	3.5	$4.22\text{E}+08$	$3.30\text{E}-06$	$2.67\text{E}-01$
		患者进出门外	5	4.0	2.6	$4.22\text{E}+08$	$8.42\text{E}-06$	$1.23\text{E}+00$
		走廊	6	4.42	4.6	$4.22\text{E}+08$	$3.30\text{E}-06$	$1.54\text{E}-01$
	西侧	污物传递箱外	7	4.0	3.8	$4.22\text{E}+08$	$8.42\text{E}-06$	$5.77\text{E}-01$

		污物间墙面	8	4.42	3.5	4.22E+0 8	3.30E-06	2.67E-01
	楼上	食堂	9	4.38	2.9	4.22E+0 8	3.61E-06	4.24E-01
	楼下	病区	10	3.31	2.2	4.22E+0 8	3.95E-05	8.09E+0 0

3) 各关注点处周围剂量当量率

根据表 11-5、表 11-6，不同模式下各关注点处总的周围剂量当量率见表 11-7。

表 11-7 DSA 手术室不同工作模式下各关注点总周围剂量当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	散射辐射剂量率	总剂量率
				($\mu\text{Sv/h}$)	($\mu\text{Sv/h}$)	($\mu\text{Sv/h}$)
透 视	东侧	操作间墙面	1	3.18E-03	7.45E-03	1.06E-02
		观察窗外	2	9.07E-03	2.13E-02	3.03E-02
		工作人员门外	3	7.69E-03	1.80E-02	2.57E-02
	北侧	缓冲间墙面	4	3.55E-03	8.33E-03	1.19E-02
		患者进出门外	5	1.64E-02	3.85E-02	5.50E-02
		走廊	6	2.06E-03	4.82E-03	6.88E-03
	西侧	污物传递箱外	7	7.69E-03	1.80E-02	2.57E-02
		污物间墙面	8	3.55E-03	8.33E-03	1.19E-02

	楼上	食堂	9	5.66E-03	1.33E-02	1.89E-02
	楼下	病区	10	1.08E-01	2.53E-01	3.61E-01
采集	东侧	操作间墙面	1	1.02E-01	2.39E-01	3.40E-01
		观察窗外	2	2.90E-01	6.80E-01	9.70E-01
		工作人员门外	3	2.46E-01	5.77E-01	8.23E-01
	北侧	缓冲间墙面	4	1.14E-01	2.67E-01	3.81E-01
		患者进出门外	5	5.26E-01	1.23E+00	1.76E+00
		走廊	6	6.58E-02	1.54E-01	2.20E-01
	西侧	污物传递箱外	7	2.46E-01	5.77E-01	8.23E-01
		污物间墙面	8	1.14E-01	2.67E-01	3.80E-01
	楼上	食堂	9	1.81E-01	4.24E-01	6.06E-01
	楼下	病区	10	3.45E+00	8.09E+00	1.15E+01

项目 DSA 按透视检测，由表 11-7 可知，DSA 手术室在透视状态下，各屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率最大为 $3.61 \times 10^{-1} \mu\text{Sv/h}$ ，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）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。

11.2.2.2 类比分析

(1) 类比可行性

为了进一步评价 DSA 手术室的屏蔽防护效果，本项目采用西安大兴医院已运行的 DSA（管电压为 125kV，管电流为 1000mA）进行类比分析，监测数

据引自《西安大兴医院 DSA 机房建设项目放射性职业病危害控制效果评价报告表》（报告编号：XMPJ-SXGK-002021121）。项目类比参数见表 11-8。

表 11-8 类比参数一览表

类比项目		设备比较	
		类比对象	本项目
机房参数		长 7.54m, 宽 6.90m, 有效使用面积为 52.03m ²	长 6.3m, 宽 4.6m, 有效使用面积为 28.98m ²
层高		4.8m	2.9m
设备参数	型号	Artis zee III floor HDR	Pilot 3000
	最大管电压	125kV	125kV
	最大管电流	1000mA	800mA
手术室辐射防护措施	四周墙体	3mmPb 抗辐射涂料板 (3mmPb)	240mm 实心砖墙+30mm 硫酸钡防护涂料 (4.42mmPb)
	屋顶	150mm 钢筋混凝土楼板 + 2mmPb 防护铅板 (3.9mmPb)	100mm 混凝土+45mm 硫酸钡防护涂料 (4.38mmPb)
	地板	150mm 钢筋混凝土楼板 + 20mm 高纯度硫酸钡防护砂浆 (3.3mmPb)	100mm 混凝土+30mm 硫酸钡防护涂料 (3.31mmPb)

	观察窗	4mmPb 当量的铅玻璃	4mmPb 当量铅玻璃和窗框
	工作人员防护门	4mmPb 当量手动单开门	4mmPb 当量电动平开门
	患者进出门	4mmPb 当量电动推拉门	4mmPb 当量电动推拉门

从表 11-8 可知，项目 DSA 设备的最大管电压与类比的 Artis zee III floor HDR 型 DSA 设备相同，最大管电流略小于类比对象；项目 DSA 手术室的屏蔽防护措施优于类比对象，但项目 DSA 机房有效使用面积小于类比对象，因此应对类比对象检测结果进行距离修正。

根据陕西新高科辐射技术有限公司编制的《西安大兴医院 DSA 机房建设项目放射性职业病危害控制效果评价报告表》（报告编号：XMPJ-SXGK-002021121），Artis zee III floor HDR 型 DSA 机房周围剂量当量率检测结果见表 11-9。

表 11-9 类比对象周围剂量当量率检测结果

检测点	检测位置	周围剂量当量率 $\mu\text{Sv/h}$	检测点	检测位置	周围剂量当量率 $\mu\text{Sv/h}$
1	观察窗中心	0.13	6	患者门中心	0.12
	观察窗上缝	0.13		患者门上缝	0.13
	观察窗下缝	0.13		患者门下缝	0.12
	观察窗左缝	0.13		患者门左缝	0.13
	观察窗右缝	0.13		患者门右缝	0.13

2	工作人员门中心	0.13	7	南邻 (淋浴间)	0.13
	工作人员门上缝	0.13	8	南邻 (卫生间)	0.14
	工作人员门下缝	0.13	9	南邻 (电梯间)	0.14
	工作人员门左缝	0.12	10	西邻 (大厅走廊)	0.13
	工作人员门右缝	0.13	11	北邻 (候诊区)	0.13
3	操作位	0.13	—	机房楼上 (大厅)	0.14
4	控制室墙面	0.13	—	机房楼下 (走廊)	0.14
5	东邻 (缓冲间)	0.14	—	控制室线沟	0.14

1. 检测条件：电压 81kV，电流 192mA，出束时间 10s；

2. 表中数据未扣除本底，仪器本底示值×Kx：0.118~0.124μSv/h。

根据表 11-9 可知，Artis zee III floor HDR 型 DSA 设备在正常运行期间，观察窗、人员进出防护门、操作位、控制室墙面、患者进出门、邻室及机房楼上楼下、控制室线沟的环境辐射水平在 0.12~0.14μSv/h 范围内。

(2) 距离修正结果

在相同的源和屏蔽条件下剂量率与距离的平方成反比，所以通过公式

(11-4) 计算可得：

$$H @ \frac{H_0 \cdot R_0^2}{R^2} \dots\dots\dots (11-4)$$

式中：H—关注点剂量率，μSv/h

H₀—类比对象测点周围剂量当量率，μSv/h

R₀—类比对象测点与辐射源距离，m

R—关注点与辐射源距离，m

距离修正计算结果见表 11-10。

表 11-10 距离修正计算结果

关注点位	屏蔽条件	最大周围剂量当量率 $\mu\text{Sv/h}$	最小本底剂量率 $\mu\text{Sv/h}$	H_0 (类比对象测点周围剂量当量率) $\mu\text{Sv/h}$	R_0 (类比对象测点与辐射源距离) m	R (关注点与辐射源距离) m	H (关注点剂量率) $\mu\text{Sv/h}$
四周墙体	3mmPb	0.14	0.118	0.022	3.77	3.15	3.15×10^{-2}
四周墙体	3mmPb	0.14		0.022	3.45	2.3	4.95×10^{-2}
屋顶	3.9mmPb	0.14		0.022	2.4	1.45	6.03×10^{-1}
地板	3.3mmPb	0.14		0.022	2.05	1.1	7.64×10^{-2}

由表 11-10 可知，在四周墙体 3mmPb 屏蔽条件下 3.15m 处的剂量率为 $3.15 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$ ，2.3m 处的剂量率为 $4.95 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$ ，在屋顶 3.9mmPb 屏蔽条件下 1.45m 处的剂量率为 $6.03 \times 10^{-1} \mu\text{Sv/h}$ ，在地板 3.3mmPb 屏蔽条件下 1.1m 处的剂量率为 $7.64 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$ 。

因此可推测，在保证评价项目的设计方案正常实施的情况下，项目 Pilot 3000 型 DSA 运行后，DSA 手术室周围剂量当量率应与类比对象相当，符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）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。

符合 DSA 机房各屏蔽体外 0.3m 处的周围剂量当量率满足《放射诊断放射

防护要求》(GBZ130-2020)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”要求。

11.2.3 个人剂量估算

11.2.3.1 工作量

项目 DSA 运行包括透视和采集两种模式,项目运行后预计每年进行手术 100

台,平均每台手术透视时间 15min,采集 1min。项目在不同工作模式下年开机时间见表 11-11。

表 11-11 不同工作模式下的开机时间一览表

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	125	20	15min	100	25h
	采集	125	640	1min	100	1.67h

11.2.3.2 估算方法

相关人员受到的年有效剂量计算公式如下:

$$H_w = H_R \cdot K \cdot t \cdot T \cdot 10^{-3} \dots \dots \dots (11-5)$$

式中: H_w — 年有效剂量, mSv/a;

H_R — 手术室外周围剂量当量率, μSv/h;

K — 有效剂量与吸收剂量换算系数, 取 1Sv/Gy;

t — 出束时间, h/a;

T — 人员居留因子, 参照 GBZT201.1-2007 附录 A 取值。

11.2.3.3 估算结果

(1) 职业人员年附加剂量

根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)中 7.8.3 “除存在临床不可接受的情况外,图像采集时工作人员应尽量不在机房内停留;对受检者实施照射时,禁止与诊疗无关的其他人员在机房内停留”。因此,本次介入手术医生年附加剂量估算不包括采集模式。

在采集模式下,项目 DSA 手术室的操作间内配备 1 名操作人员,采取隔室操作的方式,通过观察窗和操作台上监控系统观察手术室内病人情况;在透视模式下,项目 DSA 手术室内配备 1 名医生、1 名护士对患者进行手术。

介入手术时第一术者位医生穿戴铅衣、介入防护手套、头戴铅帽、铅眼镜等防护用品,位于铅悬吊屏和床侧铅帘后;第二术者位护士/助手穿戴铅衣等防护用品,位于移动铅屏风后。

①操作间内职业人员年附加有效剂量估算

根据表 11-7 计算结果,结合公式 11-5,职业人员可能受到的年有效剂量见表 11-12。

表 11-12 操作间内职业人员附加年有效剂量估算结果一览表

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	出束时间	总剂量率	出束时间		

	($\mu\text{Sv/h}$)	(h/a)	($\mu\text{Sv/h}$)	(h/a)		
操作间墙面	1.06E-02	25	3.40E-01	1.67	1	8.33E-04
观察窗外	3.03E-02	25	9.70E-01	1.67	1	2.38E-03
工作人员门外	2.57E-02	25	8.23E-01	1.67	1	2.02E-03

注：根据 GBZT201.1-2007 附录 A，操作间为全居留场所，居留因子取 1。

由表 11-12 可知，DSA 正常运行时，操作间内职业工作人员受到的附加年有效剂量最大值为 $2.38 \times 10^{-3} \text{mSv}$ ，因有一名操作人员（方东富）还参与其他岗位的放射工作，因此叠加方东富最近四个季度的个人剂量检测结果（0.19mSv），得出附加职业人员年有效剂量最大值为 $1.92 \times 10^{-1} \text{mSv}$ ，低于《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），也满足本次环评提出的剂量约束限值（5mSv/a）。

②介入手术室医生年附加有效剂量估算

根据《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》（WS76-2020）附录 B 中表 B.1 X 射线透视设备的检测项目及技术要求“7、非直接荧光屏透视设备透视防护区检测平面上周围剂量当量率不大于 $400 \mu\text{Sv/h}$ ”，因此本次评价保守按照 X 射线设备在确保铅悬挂防护屏和床侧铅挂帘等防护设施正常使用的情况下，手术医生和护士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 $400 \mu\text{Sv/h}$ 进行计算。

根据公式 11-2 计算可知，DSA 手术透视状态下管电压 125kV 时，手术医

生穿 0.5mmPb 厚铅衣的辐射透射因子 B 为 5.57×10^{-2} , 护士穿 0.5mmPb 厚铅衣与采用 2mmPb 厚移动铅屏风的辐射透射因子 B 为 2.50×10^{-4} 。DSA 透视情况下年累积出束时间 25h, 则介入手术所致手术室内操作医生年剂量为 5.57×10^{-1} mSv, 护士年剂量为 2.50×10^{-3} mSv, 介入手术医生和护士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) 中年剂量限值 (职业人员 20mSv) 及本次评价所取的年剂量约束限值 (职业人员 5mSv)。

表 11-13 介入手术医护人员附加年有效剂量估算结果一览表

职务	年有效剂量估算 (mSv/a)
医生	5.57×10^{-1}
护士	2.50×10^{-3}

此外项目 DSA 设备床边操作系统、床边剂量控制系统等防护设施可实时显示剂量率、调节运行档位。因此, 项目 DSA 在正常运行情况下, 医护人员实际受到的年附加剂量率小于理论计算值。

(2) 公众年附加剂量估算

根据表 11-7 计算结果, 结合公式 11-5, 项目正常运行时, 公众受到的年有效剂量见表 11-14。

表 11-14 DSA 手术室公众受到的年有效剂量估算结果一览表

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
	周围剂量当量	出束时间	周围剂量当量	出束时间		

		率 ($\mu\text{Sv/h}$)	(h/a)	率 ($\mu\text{Sv/h}$)	(h/a)		(mSv/a)
北侧	缓冲间墙面	1.19E-02	25	3.81E-01	1.67	1/8	1.17E-04
	患者进出门外	5.50E-02	25	1.76E+00	1.67	1/8	5.39E-04
	走廊	6.88E-03	25	2.20E-01	1.67	1/5	1.08E-04
西侧	污物箱外	2.57E-02	25	8.23E-01	1.67	1/2	1.01E-03
	污物间墙面	1.19E-02	25	3.80E-01	1.67	1/2	4.66E-04
楼上	食堂	1.89E-02	25	6.06E-01	1.67	1	1.48E-03
楼下	病区	3.61E-01	25	1.15E+01	1.67	1	2.82E-02

由表11-14可知，DSA正常运行时，手术室周围公众受到的年有效剂量最大值为 $2.82 \times 10^{-2} \text{mSv}$ ，均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中年剂量限值(公众人员1mSv)及本次评价所取的年剂量约束限值(公众人员0.1mSv)。

11.2.4 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。项目在手术室内部设置动力通风装置(详见10.2.2小节)，产生的 O_3 和 NO_x 通过排风管道排出室外，满足《放射放射防护要求》(GBZ130-2020)“6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风”的标准要求，对大气环境影响很小。

11.2.5 废水影响分析

项目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，对地表水环境无影响。

11.2.6 固体废物影响分析

项目采用先进的数字显影技术，不会产生废胶片。介入手术时产生的医用器具和药棉、纱布、手套等医疗废物，在手术室由专用包装袋、容器分类收集后，经 DSA 手术室北侧的污物传递箱进入污物间，在污物间对污物就地打包，放置在污物间的污物暂存处，最终委托有资质的单位处置。固体废物得到妥善处置，对环境影响较小。

11.3 事故风险评价及应急预案

11.3.1 风险识别及评价

结合本项目 DSA 装置工艺流程，项目存在的潜在事故风险因素主要有：

(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) 其他医护人员在防护门关闭后未撤离手术室，射线装置开始运行，对其造成额外误照射。

(3) 医生在手术室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，对手术室内医生造成误照射。

(4) 设备维修期间，维修人员在检修设备时，误开机出束，对维修人员造成误照射。

(5) 介入治疗时，医生未穿戴防护用品进入手术室，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。

(6) 安全警示装置发生故障，其他医护人员误入正在运行的手术室造成额外照射。

11.3.2 事故情况下剂量分析

11.3.2.1 事故工况

DSA 射线装置诊断检查时，可能发生的事风险主要是由于人员疏忽在射线装置在管理上出问题，从而对医护人员、患者以及公众造成不利影响。其次是医疗设备及其安全装置遭到破坏而产生放射辐射事故。

11.3.2.2 事故情况下的剂量分析

假设因射线装置发生控制系统或电器系统故障由于人员疏忽误操作，受到 X 射线直接照射，距靶点 1m 处剂量率透视取 $1.32 \times 10^7 \mu\text{Sv/h}$ ，采集取 $4.22 \times 10^8 \mu\text{Sv/h}$ ，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 27.27s、采集约 0.85s。若设备曝光时，手术室内有人员滞留或误入，在无任何屏蔽措施条件下受到 X 射线照射，则在透视情况下距离设备 1m 处 1min 受到的剂量为 0.22Sv，采集下 1min 受到的剂量为 7.05Sv。在前述条件下，透视约 0.27s 或采集约 0.008s 后，误入人员受到的剂量将高于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》中年剂量限值（公众人员 1mSv）；在透视约 5.45s 或采集约 0.17s 后，误入人员受到的剂量将高于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》中年剂量限值（职业人员 20mSv）。

由此可知，职业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，进行放射工作前按要求穿戴好各种个人防护用品，并定期检查手术室的防

护性能及有关安全警示标志是否正常，坚决杜绝人员受到有用线束的直接照射，避免无关人员误入正在曝光的手术室。

11.3.3 辐射事故预防措施

针对以上辐射事故，本评价提出以下预防措施以避免辐射事故发生：

(1) 定期对 DSA 设备的安全和防护措施进行检查，对发现的安全隐患及时采取有效措施，妥善处置。

(2) 加强辐射工作人员的管理与业务培训，确认各项管理制度的执行情况。DSA 开机前，必须确保无关人员全部撤离；针对 DSA 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控制室醒目位置），辐射工作人员必须严格按照操作规程进行操作，避免因误操作造成工作人员和公众受到意外辐射。

(3) 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。

(4) 介入医生做好个人防护，介入手术前配备必要的铅围裙、铅颈套、铅眼睛、介入防护手套、铅悬挂防护屏或铅防护吊帘、床侧防护帘或床侧防护屏等防护用品。同时按照 GBZ128 规定正确佩戴个人剂量计。

(5) 手术室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。定期检查门灯联锁装置，确保门灯联锁装置正常运行，防止人员误入。

(6) 定期对辐射工作场所的安全防护装置进行维护、保养。配备必要的辐射监测仪器，对工作场所实施必要辐射环境监测，及时发现使用过程中可能存在的射线的泄漏。

(7) 辐射应急管理机构应对本项目的应急组织人员、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。

(8) 医院应不断完善辐射事故应急预案，并定期组织医护人员加强应急演练。

11.3.4 辐射事故应急处理措施

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) 事故处理后应收集资料，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) 对可能发生的辐射事故，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。当发生辐射照射事故时，应在第一时间通报当地生态环境主管部门、公安部门和卫生部门。

11.3.5 辐射事故应急预案

为有效防护、及时控制辐射事故所致的伤害，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 449 号）、《陕西省放射性污染防治条例》和其他有关法律法规、智能管理部门要求，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。

依照《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）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，现场当事人应立即切断 DSA 射线电源，并报告医院启动应急预案，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》，由辐射事故应急小组上报当地生态环境主管部门，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

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条第一款的要求，使用放射源的，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。医院已按照上述要求，设置 1 名放射防护专职管理人员（张长安）负责医院的辐射安全与环境保护管理工作。同时，医院以红头文件形式成立了以医院院长荣利为组长，科主任张长安为副组长，方东富、王长明、曹珊珊、杨阳为成员的放射防护安全管理领导小组。放射防护安全领导小组主要职责如下：

- (1) 监督本单位贯彻执行国家及上级主管部门关于辐射安全与防护的法律、法规、规定、方针和政策；
- (2) 负责核技术利用项目新建、改建、扩建时辐射安全许可证申办及变更工作；
- (3) 对辐射安全与防护工作进行监督检查和指导工作；
- (4) 负责放射诊疗设备的质量控制检测、辐射工作场所的环境监测、放射工作人员个人剂量监测、职业健康检查及辐射安全管理与培训工作；
- (5) 负责对核技术利用项目的辐射安全与防护状况进行年度评估；
- (6) 发生辐射事故时，统一指挥、协调、处理和报告，防止事故蔓延扩大，并将事故损失降到最低。

(7) 对发生的辐射事故按照“四不放过”原则组织调查处理，落实防范措施。

12.2 辐射安全管理规章制度

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	<p>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。</p> <p>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。</p>
注：表中标注有“*”内容为关键项，为强制性规范要求。	

12.2.1 医院辐射安全管理现状

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) 医院已制定了一系列辐射防护管理规章制度，包括：《放射事故应急预

案》《放射工作场所监测制度》《放射工作人员个人剂量监测管理制度》《受检者放射危害告知与防护制度》《设备安全操作规程》《放射科影像诊断质量保证方案》《射线装置定期检查与维护规章制度》《受检者安全防护制度》《放射安全防护管理制度》《放射防护档案管理制度》《诊断影像质量保证方案》《各级放射工作人员岗位职责》《放射科人员岗位职责》《放射防护安全制度》《放射科防止差错事故措施》《放射工作人员放射防护培训制度》《职业健康监护管理制度》《放射防护培训制度》《特殊人群辐射危害告知制度》《电离辐射危害告知》《设备维护、维修制度》《辐射工作场所及个人剂量监测制度》等，并严格按照规章制度执行。

(2) 根据医院提供的放射工作人员名单，医院现有辐射工作人员 13 名（包括 2 名兼职诊断医师王诚勇、薛旭涛），其中 5 人参加了国家统一组织的辐射安全与防护培训，接受辐射防护安全知识和法律法规教育，均取得培训合格证书或培训成绩单。由于医院现有射线装置均为Ⅲ类，根据《中华人民共和国生态环境部公告》（2021 年第 9 号）中规定：“仅从事Ⅲ类射线装置销售、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”，因此剩余 8 人中，7 人已参加医院自行组织的辐射防护培训并考核合格，已计划安排剩余 1 名工作人员（高娜）参加医院自行组织的辐射防护培训。

(3) 医院为现有的辐射工作人员中 6 人配备了个人剂量计，并委托有资质的单位（陕西新高科辐射技术有限公司）对其个人剂量进行检测，每季度检测一次，建立了个人剂量档案并存档。其余 7 名人员（张长安、王诚勇、薛旭涛、常陇炳、朱田雨、张添、高娜）尚未做剂量检测，医院计划在下一季度开始检测。根据最近

4 个季度医院的个人剂量检测报告（报告编号：第 00248-2003-001068 号、第 00248-2004-001585 号、第 00248-2101-000297 号、第 00248-2102-000595 号），医院 6 名在岗辐射工作人员连续四个季度的累积剂量最大为 0.49mSv，满足不大于 5mSv 的剂量管理目标值。

(4) 医院对现有的辐射工作人员进行了职业性健康体检，建立了职业健康体检档案并存档。根据医院提供的 2021 年辐射工作人员职业健康检查结果报告，除张长安因新入职还未体检外，其余 12 名辐射工作人员体检结果均显示“可以继续从事放射性作业”或“可继续从事原放射工作”。

(5) 工作场所及辐射环境监测情况

2021 年 9 月 30 日和 10 月 8 日，医院委托陕西新高科辐射技术有限公司对医院放射工作场所放射防护进行了检测（报告编号：FHJC-SXGK-002021235），根据监测结果，医院现有的 3 台射线装置工作场所各检测点的周围剂量当量率均符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。

12.2.2 本项目辐射安全管理现状

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，

针对本次新增的 DSA，本环评提出以下要求：

(1) 应确保配备的辐射工作人员熟悉操作规程、人员岗位职责等，落实 DSA 的安全使用。在日常工作中应严格落实医院现有的各项辐射安全管理制度，并根据实际使用情况不断完善操作规程、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，使其具有更强的针对性和可操作。同时，建立医院辐射环境安全管理档案。

(2) 从事II类射线装置使用活动的辐射工作人员（本项目拟配备的辐射工作人员王长明、曹珊珊、雒美杨）参加辐射安全与防护培训，经考核合格后持证上岗，并每五年再培训。医院应建立辐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) 应为项目配备的辐射工作人员（雒美杨）配备个人剂量计并建立完善的个人剂量档案。辐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。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，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加放射工作；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) 医院尚未配备便携式辐射剂量监测仪，本项目 DSA 为II类射线装置，环评要求医院尽快配备 1 台便携式 X-γ空气比释动能率仪，每年应将 X-γ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。

(5) 医院还应制定《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》、《辐射监测计划》、《DSA 操作规程》等制度，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，根据今后实际工作对其进行不断完善，能够满足辐射安全管理的要求。

(6) 项目验收投产前，医院需及时向相关主管部门办理重新申领辐射安全许可证事项。

(7) 医院应不断完善辐射事故应急预案，并加强应急演练。

12.3 辐射监测

1、现有项目的辐射监测开展情况

(1) 医院已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，环评要求医院每年应按时向辐射安全许可证发证机关提交本院的射线装置的安全和防护状况评估报告；

(2) 医院尚有 7 名辐射工作人员未配备个人剂量计，环评要求医院尽快为其配备个人剂量计，建立个人剂量检测档案并存档。

(3) 医院尚未配备 X- γ 辐射监测仪等监测仪器，环评要求医院尽快配备 1 台便携式 X、 γ 空气比释动能率仪，定期巡检并建立监测数据档案。

2、本项目辐射监测计划

本项目正式投运后，应定期对新建的 DSA 手术室进行监测，监测要求如下：

(1) 辐射工作场所环境监测：a、委托有资质单位对本次新建的手术室等工作场所进行监测，监测频次不小于 1 次/年，辐射工作场所环境监测结果应详细记录

并存档；b、利用便携式X- γ 空气比释动能率仪定期对新建的手术室进行监测，若发现异常情况，应立即采取应急措施，停止辐射工作，并查找原因；c、将本次新建的手术室等工作场所的检测结果显示纳入医院辐射安全和防护状况评估报告中，在每年的1月31日之前上报项目辐射安全许可证发证机关。

(2) 个人剂量监测：a、应为本项目辐射工作人员配置个人剂量计（介入手术医护人员铅衣内外各配1个），并委托有资质单位定期对辐射工作人员进行个人剂量检测，建立个人剂量检测档案；b、在每年的辐射安全和防护状况评估报告中，应包含辐射工作人员个人剂量检测数据及安全评估的内容。

项目辐射监测计划见表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， 每年由资质单位监测 1 次
2	距四面墙体及门窗表面 0.3m、手术室顶棚距顶棚地面 1.0m、手术室地面下方距楼下地面 1.7m、操作位、线沟等。		
3	辐射工作人员个人剂量计	个人剂量	由有资质单位检测， 每 3 个月监测 1 次

备注：应在 DSA 设备透视情况下监测。

12.4 辐射应急事故

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《西咸新区沣东新城泰和医院放射应急预案》，内容包括：编制目的、应急组织及职责、放射管理（定期自查和监测制度、放射事故报告制度）、应急处理措施、保障措施。医院应根据《陕西省放射性污染防治条例》、《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》（陕环办发〔2018〕29号）要求，完善并细化《西咸新区沣东新城泰和医院放射应急预案》中各项流程，本项目可能发生的辐射事故应纳入应急预案处理程序。

一旦发生辐射事故，现场当事人应立即切断 DSA 射线电源，并报告医院启动应急预案，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生态环境主管部门及省级生态环境主管部门，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。并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。

本环评要求项正式运行后，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。

12.5 环境保护投资与“三同时”环保验收一览表

12.5.1 环保投资

项目总计投资 340 万元，其中环保投资 40 万元，占总投资的 11.76%，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、体检费用等。项目环保投资明细一览表见表 12-3。

表 12-3 项目环保投资明细一览表

实施时段	类别	污染源	污染防治措施或设施	费用 (万元)	备注
运营 期	辐射 防护 措施	X 射线	机房防护	/	列入工程投资,本次不计列
			防护门灯连锁装置、红外防夹装置、自动闭门装置	15	/
			电离辐射警告标志、可视警示标志、放射防护注意事项告知栏、摄像监控装置		
		工作状态指示灯			
		NO _x 、O ₃	动力通风装置		
	个人 防护 用品	X 射线	铅衣、铅颈套、铅帽、铅眼镜等个人防护用品;铅悬挂防护屏、铅防护帘、床侧防护帘、床侧防护屏、移动铅防护屏风等辅助防护设施	12	/
X-γ辐射剂量率监测仪			1	/	
环境 管理	完善的管理制度			0.5	/
环境 监测、 管理	工作场所定期监测			2	/
	个人剂量定期监测			1	/
	环境影响评价费用			5	/

	竣工环境保护验收费用	3.5	/
合计		40	

12.5.2 竣工环境保护验收

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）及《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的相关规定要求，对本项目辐射安全防护措施按表 12-4 进行逐项落实。

表 12-4 本项目辐射安全防护设施对照表

项目		具体要求	
		辐射安全管理标准化建设项目表 (辐射安全防护措施部分—医疗类)	《放射诊断放射防护要求》 (GBZ130-2020)
医用 X 射 线诊 断	布局	每台 X 射线机（不含移动式 and 便携式床旁摄影机与车载 X 射线机）设置单独的机房，机房满足使用设备的空间要求。	每台固定使用的 X 射线设备应设有单独的机房，机房应满足设备的布局要求。
	通风	机房内布局合理，有用线束避开照射门、窗和管线口位置；不得堆放与该设备诊断工作无关的杂物。	应合理设置 X 射线设备、机房的门、窗和管线口的位置，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。
			机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。
	标志及指示灯	机房设置动力排风装置，并保持良好的通风。	机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。
防护性能	机房门外设置电离辐射警示标志、放射防护注意事项、醒目的工作状态指示灯。	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。
	辐射安全与联锁	机房墙壁符合屏蔽防护标准要求，门、窗合理设置，并与其所在墙壁具有相同的防护性能。	机房的屏蔽防护应不小于表 3 规定，机房的门和窗关闭时应满足表 3 的要求。
	布局	机房门设置闭门装置，且工作状态指示灯与机房门能有效联动。	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；电动推拉门宜设置防夹装置；工作状态指示灯能与机房门有效关联。
注:辐射安全管理标准化建设项目表与 GBZ130-2020 要求不一致时,参照 GBZ130-2020 执行。			

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),项目竣工后应及时对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。

项目竣工环境保护验收清单见表 12-5。

表 12-5 项目竣工环境保护验收清单

序号	项目	验收内容	效果和环境预期目标
1	辐射安全防护措施	警告标志、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、自动闭门装置等	警告无关人员不要靠近,保护人员免受不必要的辐射;手术室设有动力排风

			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	检查辐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	确保辐射工作人员安全
		检查辐射工作人员个人剂量档案是否完整、连续，个人剂量超标人员的调查、复检及处置结果	确保辐射工作人员安全，项目年有效剂量管理目标值放射工作人员 5mSv，公众人员 0.1mSv
		参加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	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、介入手套等。为 DSA 手术室内配备铅悬挂防护屏、铅防护帘等辅助防护设施。为患者配备铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子等防护用品。	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 台辐射剂量率监测仪	定期对辐射工作场所及

			周围环境进行监测
		个人剂量计	配备与工作人员数量匹配的个人剂量计（介入手术医护人员铅衣内外各配 1 个）
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	剂量率限值要求	按透视条件,对 DSA 手术室屏蔽体外、术者位进行检测	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 2.5μSv/h 的标准限值、《医用 X 射线诊断设备质

			<p>量控制检测规范》 (WS76-2020)中规定的 非直接荧光屏透视设备透 视防护区检测平面上周围 剂量当量率不大于 400μSv/h 的标准限值。</p>
--	--	--	---

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

项目拟将医院住院楼（共 6 层）五层的供应室和相邻区域改建为 1 间 DSA 手术室及配套辅助用房，DSA 手术室内配置 1 台 Pilot 3000 型数字减影血管造影设备（DSA），为 II 类射线装置。

本项目的建设对于改善医院医疗设施条件，促进医院整体医疗水平的的提高具有积极的意义，符合《放射诊断放射防护要求》（GB130-2020）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“实践正当性”的要求。

13.1.2 辐射安全与防护分析结论

(1) 本项目位于医院住院楼（共 6 层）五层，根据项目平面布局，将 DSA 手术室防护屏蔽体（包括屏蔽墙、屋顶、地板、防护门、防护窗等）以内的区域划分为控制区。与 DSA 控制区相邻的操作间、缓冲间、污物间、手术室正上方区域（食堂）、手术室正下方区域（病区）等划分为监督区。项目布局分区符合《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。

(2) 项目 DSA 手术室东西长 6.3m、南北宽 4.6m，有效使用面积约为 28.98m²，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“机房内最小有效使用面积 20m²，机房内最小单边长度 3.5m”的要求。

(3) DSA 手术室四周墙体、观察窗、防护门、屋顶和地面的等效铅当量在

3.31~4.42mmPb 之间，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）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。

(4) 机房设置的观察窗（尺寸：1300mm×900mm）满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“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”；手术室防护门外应设电离辐射警告标志、辐射安全注意事项和工作状态指示灯，灯箱处应设警示语句；指示灯与患者进出门设置有效的联动装置。

(5) 辐射工作人员和患者应配备足量的个人防护用品，手术室内配备铅悬挂防护屏、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，项目辐射安全与防护措施满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）对辐射防护和安全操作的要求。

13.1.3 环境影响分析结论

项目 DSA 运行时，操作间内职业工作人员受到的附加年有效剂量最大值为 $1.92 \times 10^{-1} \text{mSv}$ ，介入手术所致手术室内操作医生年剂量为 $5.57 \times 10^{-1} \text{mSv}$ ，护士年剂量为 $2.50 \times 10^{-3} \text{mSv}$ ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中年剂量限值（职业人员 20mSv）及本次评价所取的年剂量约束限值（职业人员 5mSv）。

项目 DSA 运行时，手术室周围公众受到的年有效剂量最大值为 $2.82 \times 10^{-2} \text{mSv}$ ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

中年剂量限值（公众人员 1mSv）及本次评价所取的年剂量约束限值（公众人员 0.1mSv）。

综上所述，项目在采取的各项辐射防护措施后，对辐射工作人员和公众产生辐射剂量较小，满足国家相关标准规定限值要求，符合剂量限值约束原则。

13.1.4 总结论

西安市沣东新城泰和医院有限公司数字减影血管造影设备(DSA)核技术利用项目能为患者提供更好的医疗服务，符合实践正当性原则；项目严格按照国家有关辐射防护规定执行，切实落实辐射防护措施，能够使其对周边环境的辐射影响降到尽可能合理且低的水平，满足辐射防护最优化原则；项目运行所致职业人员和公众年附加有效剂量满足国家相关标准规定限值要求，符合剂量限值约束原则；从辐射环境保护角度，在严格落实各项辐射防护措施情况下，项目对环境的影响是可以接受的。

13.2 建议与承诺

(1) 项目建设期间，医院应严格按照《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，建立健全各项辐射防护管理制度，规范管理与操作，认真开展自查自评工作，发现问题及时整改，竣工验收前须达到辐射安全管理标准化要求。

(2) 项目竣工后，应按照国务院生态环境行政主管部门规定的标准和程序，对项目配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，经验收合格并取得辐

射安全许可证后方可投入运行。

(3) 项目建成运行后，应严格执行辐射环境监测制度，每年应对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 日前向发证机关报送上一年度辐射安全年度评估报告。

(4) 医院应根据相关规定配备工作人员和患者的个人防护用品，强调在介入手术室时，医护人员必须穿戴防护用品。对于铅衣等防护用品建议悬挂或平放，勿折叠。

(5) 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。

(6) 定期检查手术室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。

(7) 不断完善辐射事故应急预案，加强日常演练，做到有备无患。

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

