

目 录

表 1	项目基本情况	1
表 2	放射源	11
表 3	非密封放射性物质	11
表 4	射线装置	12
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）	13
表 6	评价依据	14
表 7	保护目标及评价标准	16
表 8	环境质量和辐射现状	24
表 9	项目工程分析与源项	26
表 10	辐射安全与防护	31
表 11	环境影响分析	43
表 12	辐射安全管理	63
表 13	结论与建议	74
表 14	审批	76

附件列表：

- 附件 1：建设项目环境影响评价委托书
- 附件 2：已有相关环保手续
- 附件 3：辐射安全许可证
- 附件 4：辐射环境现状监测报告
- 附件 5：辐射安全与防护年度评估报告
- 附件 6：辐射安全与防护管理领导小组文件

表 1 项目基本情况

建设项目名称	西安市高陵区中医医院新院区射线装置核技术利用建设项目				
建设单位	西安市高陵区中医医院				
法人代表	王满	联系人	李二强	联系电话	██████████
注册地址	西安市高陵区鹿苑街道北街 367 号				
项目建设地点	西安市高陵区泾惠八路西安市高陵区中医医院新院区				
立项审批部门	/		批准文号	/	
建设项目总投资（万元）	1650.00	项目环保投资（万元）	81.3	投资比例（环保投资/总投资）	4.93%
项目性质	<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			占地面积（m ² ）	83.04
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		
其它	/				
1.项目概述					
1.1 医院概况					
<p>西安市高陵区中医医院是一所以突出中医特色为主、中西医结合的全民所有制二级甲等中医医院。主要设置预防保健科、全科医疗科、内科、外科、妇产科、耳鼻咽喉科等诊疗科目。随着医院各项业务的发展，因一系列的现状问题影响并制约着高陵区中医医院的发展且现址地块面积有限，无扩建条件，因此进行高陵区中医医院的迁建，决定于高陵区泾惠八路建设西安市高陵区中医医院新院区。进一步改善了高陵区中医医院的医疗卫生环境，扩大医疗服务项目，提高医院的综合服务能力，有效缓解病人住院难、看病贵等问题，既是推动当地及周边地区人民健康事业的发展，又是贯彻落实国家及区域中医药事业发展规划的需要。</p> <p>2020 年西安市高陵区中医医院委托西安云开环境科技有限公司开展了“西安市高陵</p>					

区中医医院迁建项目环境影响评价”，编制了《西安市高陵区中医医院迁建项目环境影响报告书》，已于 2020 年 5 月 25 日取得《西安市生态环境局高陵分局关于西安市高陵区中医医院迁建项目环境影响报告书的批复》（市环高批复[2020]30 号）（附件 2），目前已建设完成，正在办理排污许可证，未进行竣工环保验收。

1.2 核技术应用的目的和项目由来

为完善医院的诊疗体系，进一步提高诊疗效果，西安市高陵区中医医院新院区购置了数字减影血管造影系统与具有四肢血管造影功能的周边介入型 C 形臂机。

根据《射线装置分类》（环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号）等有关规定，本次环评涉及射线装置的种类和范围属于 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 版）本项目为“五十五、核与辐射-172、核技术利用建设项目-使用 II 类射线装置的核技术利用项目”，应编制环境影响报告表。

2023 年 10 月，西安市高陵区中医医院委托我公司对医院使用的 II 射线装置进行环境影响评价（委托书见附件 1）。接受委托后，我公司组织专业人员开展资料收集、现场踏勘、资料整理分析、调研有关法规等工作，结合本项目的具体情况以及辐射危害特征，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）的要求，编制完成了本项目环境影响报告表。

1.3 建设规模及工程内容

1.3.1 项目概况

西安市高陵区中医医院新院区拟购置数字减影血管造影系统与周边介入型 C 形臂机共 2 台设备，项目组成一览表见表 1-1。

表 1-1 项目组成一览表

类别	项目名称	建设内容	备注
主体工程	数字减影血管造影系统机房	位于医院综合大楼 2 楼手术室，面积 53.04m ² ，最小单边长 6.8m，内部设置 1 台数字减影血管造影系统机。四周墙体为 240mm 实心砖墙+30mm 硫酸钡涂料，屋顶和地板采用 120mm 现浇楼板+3mmPb 当量铅皮，患者出入口为 3mmPb 当量的感应式电动推拉铅门，设置门机灯连锁系统和红外防夹装置。医护人员出入口为 3mmPb 当量手动单开铅门，污物通道门为 3mmPb 当量手动单开铅门，观察窗为 3mmPb 当量的铅玻璃。	新建
	周边介入型 C 形臂机房	位于医院综合大楼 3 楼手术室，面积 30m ² ，最小单边长 5m，内部设置 1 台周边介入型 C 形臂机。四周墙体为 240mm 实心砖墙+30mm 硫酸钡涂料，屋顶和地板采用 120mm 现浇楼板+3mmPb 当量铅皮，患者出入口为 3mmPb 当量的感应式电动推拉铅门，设置门机灯连锁系统和红外防夹装置。医护人员出入口为 3mmPb 当	新建

		量手动单开铅门，污物通道门为 3mmPb 当量手动单开铅门，观察窗为 3mmPb 当量的铅玻璃。	
辅助工程	数字减影血管造影系统机辅助用房	设备间：建筑面积 8.55m ² ，设计尺寸为 3.11m×2.75m，位于数字减影血管造影系统机机房的东侧。	新建
		操作间：建筑面积 14.77m ² ，设计尺寸为 3.11m×4.75m，位于数字减影血管造影系统机机房的东侧。	新建
	周边介入型 C 形臂机辅助用房	操作间：建筑面积 10m ² ，设计尺寸为 5m×2m，位于周边介入型 C 形臂机机房的东侧。	新建
公用工程	供配电工程	由配电室接入电源	依托
	给水	依托医院给水管网	依托
	排水	依托医院排水管网	依托
环保工程	排风系统	依托医院通风系统，数字减影血管造影系统与周边介入型 C 形臂机在诊疗过程中开机拍片、介入治疗会产生少量臭氧及 NO _x ，产生的臭氧及 NO _x 经过排风管道进入排风系统（数字减影血管造影系统机房排风量 10000m ³ /h，新风量 6000m ³ /h，新风量为排风量 60%，最小换气次数约 24 次/h；周边介入型 C 形臂机房排风量 2000m ³ /h，新风量 4000m ³ /h，排风量为新风量 50% 最小换气次数 12 次/h），由排风管引至楼顶排放。	依托
	固废	医疗废物由污物通道收集后运送至污物间，随后转移至医院医废暂存间，由医院统一委托有资质单位处置。	依托
	生活污水	工作人员生活污水依托医院污水处理站处理达标后排入市政污水管网。	依托
	辐射防护	墙体、顶棚、地面采用砖、混凝土、铅板、硫酸钡等防护涂料，防护门、防护窗采取铅防护，保证机房满足辐射防护要求。	新建

1.3.2 主要设备概况

本项目涉及的医用射线装置见下表。

表 1-2 医用射线装置参数一览表

序号	设备名称	型号	设备参数	类别	安装位置
1	数字减影血管造影系统	飞利浦 Azurion 7 M20	125kV 1000mA	II 类	医院大楼 2 楼手术室
2	周边介入型 C 形臂	Cios Alpha	125kV 250mA	II 类	医院大楼 3 楼手术室

1.3.3 辐射工作人员

本项目共配备操作人员、医生与护士共 10 人，需新增 10 名 II 类射线装置工作人员，应在取得相应类别成绩合格单后持证上岗。

表 1-3 工作人员一览表

设备	人数		
	操作人员	医生	护士
数字减影血管造影系统	1	2	2
周边介入型 C 形臂	1	2	2

1.3.4 工作负荷情况

根据医院提供的资料，设备工作负荷见表 1-4。

表 1-4 工作负荷情况

设备	工作人员数量	年开展工作量	曝光时间
数字减影血管造影系统	5	200 台手术	采集 20s、透视 15min
周边介入型 C 形臂	5	200 台手术	采集 20s、透视 10min

1.4 核技术利用现状

1.4.1 西安市高陵区中医医院老院区核技术利用项目环保手续履行情况

2015 年高陵区中医医院老院区新增 3 台 III 类射线装置，分别为西门子 Emotion 16 型 CT 机、CDX-HAWK 型 DR 机、HF51-5 型数字胃肠机，于 2015 年 2 月 2 日取得《西安市高陵县环境保护局关于高陵县中医院医用 X 射线装置环境影响登记表的批复》（高环批复〔2015〕D-01 号）（附件 2）。

2021 年西安市高陵区中医医院老院区新增 1 台 III 类射线装置乳腺 CR 机，于 2021 年 5 月 24 日为 1 台 III 类射线装置填报了环境影响登记表，完成了备案，备案文号为 202161012600000035（附件 2）。

2021 年西安市高陵区中医医院老院区新增一台 II 类射线装置 Cios Alpha 型周边介入型 C 形臂，医院委托陕西陆环环保工程有限公司开展了“西安市高陵区中医医院射线装置核技术利用建设项目”环境影响评价工作，编制了《西安市高陵区中医医院射线装置核技术利用建设项目环境影响报告表》。于 2021 年 7 月 5 日取得《西安市生态环境局关于西安市高陵区中医医院射线装置核技术利用建设项目环境影响报告表的批复》（市环批复〔2021〕63 号）（附件 2）。于 2021 年 7 月 16 日完成竣工环境保护自主验收。

1.4.2 西安市高陵区中医医院新院区核技术利用项目环保手续履行情况

2023 年 12 月高陵区中医医院新院区新增 9 台 III 类射线装置，分别为 SOMATOM Emotion 16-slice configuration 型 CT；Aquilion ONE TSX-305A 型 CT；DRX-Compass 800 型悬吊 DR；新东方 1000UA 型双立柱 DR；MobiEye800 型移动 DR；蓝野 RAY（98）型牙片机；登腾/ICT-ROI-L 型口腔 CT；北京万东鼎立 HMC-50D 型移动式动态平板 C 形臂 X 射线机；AKDX-09W-I 型双能 X 射线骨密度仪，2023 年 1 月 16 日，对新增的 9 台 III 类射线装置填报了环境影响登记表，完成了备案，备案文号为 202461012600000003（附件 2）。

1.4.3 西安市高陵区中医医院辐射安全许可证变更情况

2015年10月21日西安市高陵区中医医院老院区为3台III类射线装置(西门子 Emotion 16 型 CT 机、CDX-HAWK 型 DR 机、HF51-5 型数字胃肠机)取得辐射安全许可证,许可种类和范围为使用III类射线装置,辐射安全许可证于2020年10月20日到期。

2021年9月10日西安市高陵区中医医院老院区为已有的4台III类射线装置(西门子 Emotion 16 型 CT 机、CDX-HAWK 型 DR 机、HF51-5 型数字胃肠机、乳腺 CR 机)与1台II类射线装置(Cios Alpha 型周边介入型 C 形臂)重新取得辐射安全许可证(陕环辐证(00159))(附件3),许可种类和范围为使用II类、III类射线装置,有效期至2026年9月9日。

西安市高陵区中医医院新院区新增的9台III类射线装置暂未取得辐射安全许可证。

表 1-5 建设单位原有环保手续履行情况表

地点	装置名称	类别	数量	备案时间/批复时间	批复号/备案号	验收情况	活动种类
西安市高陵区中医医院老院区	CT 机	III	1	2015年2月2日	高环批复(2015)D-01号	/	使用
	DR 机	III	1				
	数字胃肠机	III	1				
	乳腺 CR 机	III	1	2021年5月24日	202161012600000035	/	
	周边介入型 C 形臂	II	1	2021年7月5日	市环批复(2021)63号	已验收	
西安市高陵区中医医院新院区	CT 机	III	2	2024年1月16日	202461012600000003	/	使用
	DR 机(悬吊 DR、双立柱 DR、移动 DR)	III	3				
	口腔 CT	III	1				
	牙片机	III	1				
	移动式动态平板 C 形臂 X 射线机	III	1				
	双能 X 射线骨密度仪	III	1				

表 1-6 已许可的射线装置情况表

地点	序号	装置名称	型号	工作场所	类别	数量	活动种类
西安市高陵区中医医院老院区	1	CT 机	西门子 Emotion16	影像科	III	1	使用
	2	DR 机	CDX-HAWK		III	1	
	3	数字胃肠机	HF51-5		III	1	
	4	乳腺 CR 机	/		III	1	
	5	周边介入型 C 形臂	Cios Alpha	手术室	II	1	

西安市高陵区中医医院新院区为搬迁项目，新院区新增的射线装置均为新购入设备，原老院区辐射设备均不搬迁至新院区，搬迁后老院区将不再从事医疗工作，若设备报废，建设单位应按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中相关要求对废旧的辐射设备进行处置。

1.4.3 辐射安全与管理现状

（1）辐射安全管理机构及制定的制度

西安市高陵区中医医院严格遵守《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》等相关法律法规要求，配合各级生态环境主管部门监督和指导，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。

西安市高陵区中医医院已根据陕西省生态环境厅核技术利用单位辐射安全管理标准化建设相关要求，成立了西安市高陵区中医医院辐射卫生管理机构及领导小组，以医院院长为组长，党支部书记、副院长为副组长，领导 5 名组员，明确了小组成员以及职责。医院现已制定了较为完善的规章制度，主要包括《辐射防护管理人员岗位职责》、《放射诊疗工作场所辐射防护安全管理制度》、《辐射安全档案管理制度》、《涉辐项目网上管理系统运行管理制度》、《辐射防护安全操作规程》、《放射工作场所及个人剂量监测制度》、《辐射工作人员健康管理制度》、《辐射安全防护设施维护维修制度》、《辐射工作场所监测制度》、《监测仪表使用与检验管理制度》、《辐射防护监测管理规定》、《电离辐射危害告知》、《放射防护注意事项》、《放射工作人员健康管理制度》、《放射事故预防措施》、《放射诊疗工作场所辐射防护安全管理制度》、《放射诊疗质量保证制度》、《辐射事故应急管理制度》、《辐射事故预防措施及应急处理预案》、《使用防护用品告知》、《受检者告知制度》等规章管理制度。

医院已针对可能发生辐射事故类型，制定了辐射事故应急预案；依据辐射安全管理标准化文件相关内容，已对医院射线装置工作场所进行标准化管理，并制定有标准化文件，配备有相应的辐射安全与防护措施。

（2）辐射工作人员管理情况

本项目共需配备操作人员、医生与护士共 10 人，需新增 10 名 II 类射线装置辐射工作人员，应在取得相应类别成绩合格单后持证上岗。

（3）射线装置应用场所监测与环境监测情况

2023年11月15日建设单位已委托西安桐梓环保科技有限公司对项目建设地及周边环境进行了空气吸收剂量率监测，监测结果为：项目拟建地及周边环境空气吸收剂量率为0.099~0.106 μ Sv/h，属于天然辐射本底波动水平。

(4) 年度评估报告情况

建设单位已按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的要求，每年对本单位射线装置安全和防护状况进行评估，并于每年1月31日前向辐射安全许可证发证机关提交年度评估报告。

(5) 问题及改进建议

①医院介入医护人员和操作间工作人员、医院辐射管理人员应通过生态环境部国家核技术利用辐射安全与防护培训平台进行辐射安全和防护专业知识学习，经考核合格，取得相应类别成绩合格单后持证上岗；应对本次新增的辐射工作人员正确佩戴个人剂量计，并建立个人剂量档案。

②对于已登记备案的III类射线装置，医院应尽快办理辐射安全许可证，取得辐射安全许可证后方可投入运行。

1.5 项目地理位置、周边环境概况

1.5.1 医院周边环境

高陵区中医医院新院区位于陕西省西安市高陵区榆楚村，渭阳九路以北，泾惠八路南段，中心坐标东经109.070374°，北纬34.511041°。项目北侧与东侧为农田，西侧隔路为中铁九局地铁十号线项目部，南侧隔空地为高陵区人民法院与西安市公安局高陵分局。本项目所在地位于医院综合大楼，共三层。项目地理位置见附图1，医院周边环境关系示意图见附图2。

1.5.2 机房周边环境

数字减影血管造影系统位于医院综合大楼二楼手术室，西侧为OR5手术间、OR4手术间、OR3手术间、OR2手术间，北侧为医办、主任办、库房、护长办、值班室、更衣室、电梯间、楼梯间、配电室，东侧为操作间、设备间、麻醉苏醒间、护士站、谈话间、换床间、家属等候区，南侧为医院外部。



图 1-1 医院综合大楼一层平面布置图

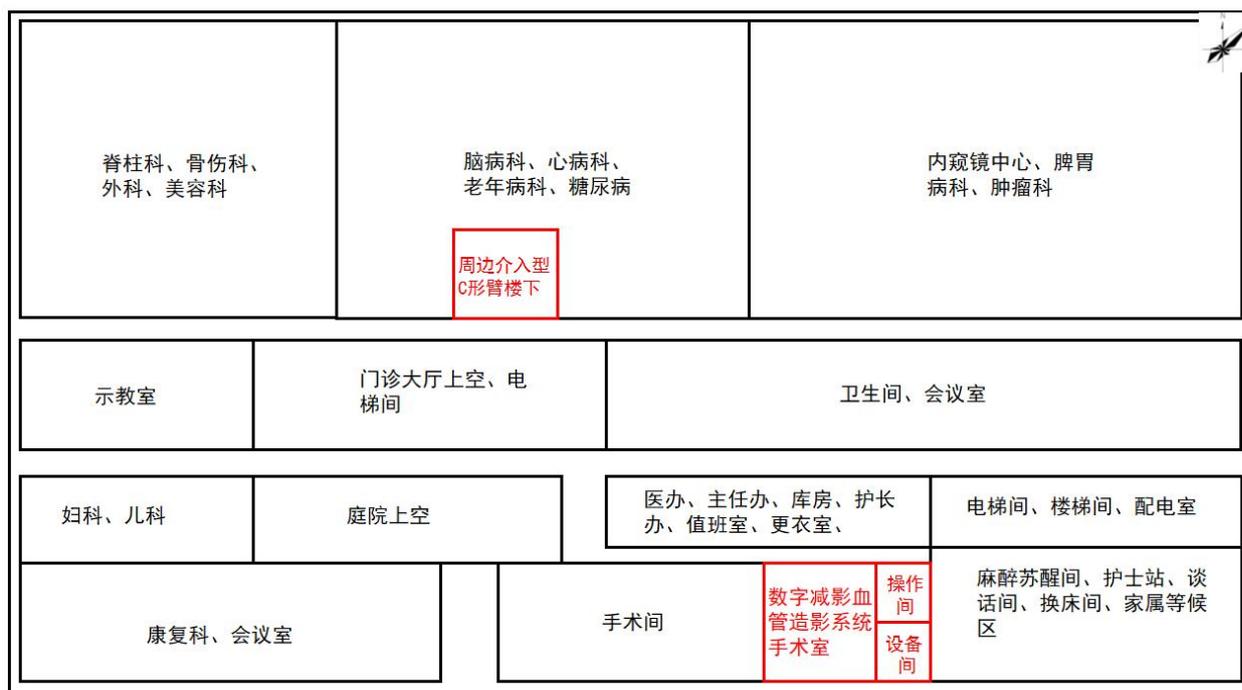


图 1-2 医院综合大楼二层平面布置图

周边介入型 C 形臂位于医院综合大楼三楼手术室，北侧为配电室、手术室 OR2、手术室 OR3、手术室 OR4、男女浴厕、更衣室、换鞋区、缓冲区，东侧为操作间、药品室、术后恢复室、谈话间、家属等候区、换床区、办公室，南侧为走廊，西侧为庭院上空，上方为医院楼顶，楼顶一般无人员到达。



图 1-3 医院综合大楼三层平面布置图

1.6 项目实践正当性分析

高陵区中医医院按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”要求，对于一项实践，只有在考虑了社会、经济和其他有关因素之后，其对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害时，该实践才是正当的。医用射线装置等在治疗方面有其他技术无法替代的特点，对保障健康、拯救生命起了十分重要的作用。辐射诊疗项目营运以后，将为患者提供一个优越的诊疗环境，具有明显的社会效益，同时将提高医院档次及服务水平，吸引更多的就诊人员，医院在保障患者健康的同时也为医院创造了更大的经济效益。执业医师和有关医技人员应根据诊疗目的和受照人员特征对医疗照射实践进行正当性判断，应尽可能使用与计划照射相关的患者先前已有的诊断信息和医学记录，避免不必要的重复照射。因此，该医院新增医用射线装置核技术利用项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“实践的正当性”的原则与要求。

1.7 选址合理性分析

项目数字减影血管造影系统位于医院综合大楼二楼手术室，西侧为手术间，北侧为医办等工作人员进出场所，东侧为操作间、设备间；南侧隔墙为医院外部。周边介入型C形臂位于医院综合大楼三楼手术室，北侧手术室、更衣室等医护患者进出场所，东侧为操作间，南侧为走廊，西侧为庭院上空，上方为医院楼顶，一般无人员到达。两间机房出入

的人员主要为医务工作人员和需要手术的患者。两间手术室四周墙体及防护门在采取本次环评提出的屏蔽措施后能有效降低射线的强度，减少对机房周边公众的影响，从满足安全治疗和辐射安全与防护的角度来看，在辐射设备运行时，可有效减少受照的人群，也有利于射线装置的管理。

综上，项目选址合理。

1.8 产业政策符合性

本项目属于《产业结构调整指导目录（2024年本）》中鼓励类“十三、医药，第4条”中的“高性能医学影像设备”项目，符合国家产业政策。

表 2 放射源

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

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

表 3 非密封放射性物质

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

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

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	数字减影血管造影系统	II类	1	飞利浦 Azurion 7 M20	125kV	1000mA	介入诊断/辅助治疗	医院综合大楼二楼手术室	/
2	周边介入型 C 形臂	II类	1	Cios Alpha	125kV	250mA	介入诊断/辅助治疗	医院综合大楼三楼手术室	/

(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 (kV)	最大管电流 (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
臭氧/氮氧化物	气体	/	/	少量	少量	/	/	通过排风系统排入外环境
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/m³；年排放总量用 kg。

2. 含有放射性的废物要注明，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

<p>法规文件</p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（修订版），2015年1月1日；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018年12月29日；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003年10月1日；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》国务院682号令，2017年10月1日；</p> <p>(5) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021版），2021年1月1日；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，2019年3月2日；</p> <p>(7) 《关于修改<放射性同位素与射线装置安全许可管理办法>的决定》，2021年1月4日；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部18号令，2011年5月1日；</p> <p>(9) 《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，2006年9月26日；</p> <p>(10) 《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；</p> <p>(11) 《陕西省放射性污染防治条例（2019年修正）》，2019年7月31日；</p> <p>(12) 《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号文，2018年6月6日。</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》（HJ2.1-2016）；</p> <p>(2) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）；</p> <p>(3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>(4) 《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）；</p> <p>(5) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；</p> <p>(6) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）；</p> <p>(7) 《职业性外照射个人检测规范》（GBZ128-2019）；</p> <p>(8) 《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》（WS76-2020）；</p> <p>(9) 《放射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ98-2020）。</p>

其他

- (1) 西安市高陵区中医医院新院区委托开展环境影响评价的委托书；
- (2) 其他与项目有关的资料。

表 7 保护目标及评价标准

7.1 评价范围

本项目新增使用 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，结合本项目实际选址，确定该项目评价范围为设备机房屏蔽墙体外 50m 的区域。



图 7-1 项目评价范围

7.2 保护目标

本项目保护目标分为职业照射人群及公众人群，职业照射人群为射线装置操作的医护人员，公众人群为射线装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 范围内其他工作人员及公众。详见表 7-1。

表 7-1 环境保护对象与保护目标一览表

保护目标	方位	场所	主要环境保护目标	最近距离	人口规模	年剂量管理约束值	
数字减影血管造影系统							
职业人员	/	数字减影血管造影系统机房	介入手术医生	0.5m	2 人	≤5mSv	
			护士	1m	2 人		
	东侧	操作间、设备间	控制室操作人员	4.9m	1 人		
公众	西侧	OR2 手术间	其他非辐射医务人员、患者	相邻	约 4 人	≤0.1mSv	
		万级 OR5 手术间、OR4 手术间、污洗间	其他非辐射医务人员、患者	15.6m	约 10 人		
		楼梯间、污物电梯、配电井、石膏间	管理人员	18m	流动人员		
		OR3 手术间	其他非辐射医务人员、患者	7.8m	约 4 人		
		OR6 手术间、OR7 手术间、快消后室、快消前室	其他非辐射医务人员、患者	12m	约 10 人		
		妇科、儿科、康复科	其他非辐射医务人员、患者、陪同家属等	32m	约 20 人		
	北侧	医办、主任办、库房、护长办、值班室、更衣室	其他非辐射医务人员	3m	约 8 人		
		无菌库、药品间、器械间	其他非辐射医务人员	3.5m	约 3 人		
		电梯间、楼梯间、配电室	其他非辐射医务人员、患者、陪同家属等	8m	流动人员		
		会议室	其他非辐射医务人员	19.8m	约 10 人		
		电梯间、卫生间	其他非辐射医务人员、患者、陪同家属等	22m	流动人员		
		脑病科、心病科、老年病科、糖尿病科、肛肠科	其他非辐射医务人员、患者、陪同家属等	35m	约 20 人		
		洁净走廊	其他非辐射医务人员	相邻	流动人员		
		东侧	麻醉苏醒间	其他非辐射医务人员、患者	3.5m		约 2 人
			护士站、谈话间、	其他非辐射医务人员	7.8m		约 10 人

		换床间、家属等候区	员、患者、陪同家属等			
		内窥镜中心、脾胃病科、肿瘤科	其他非辐射医务人员、患者、陪同家属等	40m	约 20 人	
	南侧	医院外部空地上空	/	相邻	/	
	楼上	ICU 大厅	其他非辐射医务人员、患者、陪同家属等	相邻	约 10 人	
	楼下	值班室、资料室	其他非辐射医务人员	相邻	约 3 人	
周边介入型 C 形臂						
职业人员	/	周边介入型 C 形臂机房	介入手术医生	0.5m	2 人	≤5mSv
			护士	1m	2 人	
	东侧	操作间	控制室操作人员	4.1m	1 人	
公众	北侧	配电室、洁净走廊	其他非辐射医务人员	相邻	流动人员	≤0.1mSv
		手术室 OR2、污洗间	其他非辐射医务人员	3m	约 5 人	
		手术室 OR3、污物走廊、手术室 OR4	其他非辐射医务人员	3m	约 8 人	
		男女浴厕、更衣室、换鞋区、缓冲区	其他非辐射医务人员	8m	流动人员	
		卫生间、楼梯间	其他非辐射医务人员、患者、陪同家属等	18.6m	流动人员	
		会议室	其他非辐射医务人员	19m	约 10 人	
		诊室 1~8、污洗间	其他非辐射医务人员、患者、陪同家属等	22m	约 20 人	
		办公室、护办、医办	其他非辐射医务人员	30m	约 10 人	
		库房、制水间	其他非辐射医务人员	35m	流动人员	
	东侧	药品室	其他非辐射医务人员、患者、陪同家属等	3m	约 2 人	
		术后恢复室	其他非辐射医务人员、患者、陪同家属等	6m	约 3 人	
		谈话间、家属等候区	其他非辐射医务人员、患者、陪同家属等	8m	约 10 人	
		换床区、办公室	其他非辐射医务人员、患者、陪同家属等	10m	约 5 人	
		血液透析中心	其他非辐射医务人员、患者、陪同家属	23.5m	约 10 人	

			等		
西侧	五官科	其他非辐射医务人员、患者、陪同家属等	23.5m	约 20 人	
	示教室	其他非辐射医务人员、患者、陪同家属等	35m	约 10 人	
南侧	走廊	其他非辐射医务人员、患者、陪同家属等	5m	2 人	
	公卫科	其他非辐射医务人员、患者、陪同家属等	8m	2 人	
	卫生间、电梯间	其他非辐射医务人员、患者、陪同家属等	相邻	流动人员	
	接待室、报告厅	其他非辐射医务人员	35m	约 10 人	
	静脉用药调配中心	其他非辐射医务人员	3m	流动人员	
	ICU 大厅	其他非辐射医务人员、患者	7m	约 30 人	
楼下	内分泌科	其他非辐射医务人员、患者、陪同家属等	相邻	约 20 人	

注 1：职业人员距离表示距辐射源点距离；

注 2：公众人员距离表示距数字减影血管造影系统机房与周边介入型 C 形臂机房四周墙体的距离。

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》（GB 18871-2002）

1、标准相关内容

标准附录 B 剂量限值和表面污染控制水平

B1 剂量限值

B1.1 职业照射

B1.1.1 剂量限值

“应对工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限制：

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 公众照射

B1.2.1 剂量限值

“实践使公众中有关关键人群组的成员所受的平均剂量估算值不应超过下述限值：

a) 年有效剂量，1mSv。

b) 特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv。”

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。”

6.1 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、单边长度的要求

设备类型	机房内最小有效使用面积 ^b m ²	机房内最小单边长度 ^c m
单管头 X 射线设备 ^a	20	3.5
...

^a单管头、双管头或多管头 X 射线设备的每个管球各安装在 1 个房间内。

^b机房内有效使用面积指机房内可划出的最大矩形面积。

^c机房内单边长度指机房内有效使用面积的最小边长。

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低于表 7-3 的规定。”

6.2.2 “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 C 中表 C.4~表 C.7。”

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
C 形臂 X 射线设备机房	2.0	2.0
...

6.2.3 “机房的门和窗关闭时应满足表 7-3 的要求。”

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 μ 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；

b) 具有短时、高剂量率曝光的摄影程序（如 DR、CR、屏片摄影）机房外的周围剂量当量率应不大于 25 μ Sv/h，当超过时应进行机房外人员的年有效剂量评估，应不大于 0.25mSv；”

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。”

6.4.7 “受检者不应在机房内候诊；非特殊情况，检查过程中陪检者不应滞留在机房内。”

6.4.8 “模拟定位设备机房防护设施应满足相应设备类型的防护要求。”

6.4.10 “机房出入口宜处于散射辐射相对低的位置。”

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。”

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。”

6.5.6 “对于移动式X射线设备使用频繁的场所（如：重症监护、危重病人救治、骨科复位等场所），应配备足够数量的移动铅防护屏风。”

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	
	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 选配：铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏 选配：移动铅防护屏风	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套 选配：铅橡胶帽子	—
注：“-”表示不做要求。				
^a 工作人员、受检者的个人防护用品和辅助防护设施任选其一即可。				

7.3.3 本次评价确定的剂量约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“个人受照剂量的大小与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。”本次评价确定的剂量约束值为：

- ①职业照射剂量约束值：年平均有效剂量 5mSv；
- ②公众照射剂量约束值：年有效剂量 0.1mSv。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 环境质量和辐射现状

本项目位于高陵区中医医院新院区综合大楼二、三层，为掌握项目所在地辐射环境质量现状，2023年11月15日，西安市高陵区中医医院委托西安桐梓环保科技有限公司对射线装置建设地及周边环境进行了空气吸收剂量率监测（附件4），监测内容如下：

（1）监测项目：空气吸收剂量率；

（2）监测仪器：X、 γ 剂量率仪，仪器设备编号：XATZ-YQ-014，检定单位：上海市计量测试技术研究院华东国家计量测试中心，检定证书编号为：2023H21-20-4582307001，有效期：2023年05月18日~2024年05月17日；

（3）仪器测量范围：0.01 μ Gy/h~30mGy/h；

（4）监测质量保证：

监测按照《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）、《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB 8999—2021）等监测规范，实施全过程质量控制。

①合理布设监测点位，保证各监测点位布设具有代表性、科学性和可比性；

②监测分析方法采用国家有关部门颁布的标准方法，监测人员持证上岗；

③所用监测仪器全部经过计量部门检定并在有效期内；

④由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录；

⑤监测数据严格实行审核制度。

（5）监测结果

监测结果见下表。

表 8-1 医院 γ 辐射剂量率监测结果

序号	监测点位描述	γ 辐射剂量率 (μ Gy/h)
		环境本底
1	一楼室内南侧走廊巡测	0.100
2	一楼室内北侧走廊巡测	0.100
3	二楼数字减影血管造影系统机房巡测	0.106
4	二楼走廊巡测	0.101
5	三楼周边介入型 C 形臂机房巡测	0.105
6	三楼走廊巡测	0.103
7	医院南侧空地巡测	0.099

由表 8-1 监测结果表明，项目医院 γ 辐射剂量率为 0.099~0.106 μ Gy/h（已扣除宇宙射线），处于辐射环境本底涨落范围内，与《中国环境天然放射性水平》中“西安市原野 γ 辐射剂量率范围为（50.0~117.0）nGy/h，西安市室内 γ 辐射剂量率范围为（79.0~130.0）nGy/h”相当，属于天然辐射本底波动水平。

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 数字减影血管造影系统

(1) 设备组成及工作原理

数字减影血管造影系统（DSA）因整体结构像大写的“C”，因此也称作 C 形臂 X 光机，由五部分组成：X 射线发射系统、影像检测和显示系统、影像处理和系统控制部分、机架系统和导管床、影像存储和传输系统。医用血管造影（DSA）是通过电子计算机进行辅助成像的血管造影方法，是 70 年代以来用于临床的一种崭新的 X 射线检查技术，是应用计算机程序两次成像完成的。本项目数字减影血管造影系统机房拟采用飞利浦 Azurion7 M20 型，主要组成部分为：高压发生器、X 射线组件、限束器、平板探测器、患者支撑装置、机架系统（C 形臂）、显示器、控制模块等。数字减影血管造影系统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。节省胶片使造影价格低于常规造影。通过数字减影血管造影系统处理的图像，使血管的影像更为清晰，在进行介入手术时更为安全。在进行数字减影血管造影系统手术时，医务人员将介入导管经皮下静脉注入血管，通过数字减影血管造影系统自带的 X 射线成像系统，将导管在血管内的影像显现出来。通过数字减影血管造影系统处理的图像，使血管的影像更为清晰，在进行介入手术时更为安全。



图 9-1 典型数字减影血管造影机外观图

(2) 操作流程工艺分析

数字减影血管造影系统的操作流程

诊疗时，患者仰卧并进行无菌消毒，局部麻醉后，经皮穿刺静脉，送入引导钢丝及扩张管与外鞘，退出钢丝及扩张管将外鞘保留于静脉内，经鞘插入导管，推送导管，在 X 线透视下将导管送达静脉，顺序取血测定静、动脉，并留 X 线片记录，探查结束，撤出导管，穿刺部位止血包扎。

数字减影血管造影系统在进行曝光时分为两种情况：

①第一种情况，摄影。操作人员采取隔室操作的方式（即操作医师在操作间内对病人进行曝光），医生在介入治疗时通过铅玻璃观察窗和操作台观察机房内病人情况，并通过对讲系统与病人交流。

②第二种情况，透视。医生需进行手术治疗时，为更清楚的了解病人情况时会有连续曝光，并采用连续脉冲透视，此时操作医师位于铅吊屏、铅帘后身着铅衣、铅颈套、戴铅帽、铅眼镜等在曝光室内对病人进行直接的手术操作，护士身着铅衣等防护用品，在曝光时一般位于铅帘后。

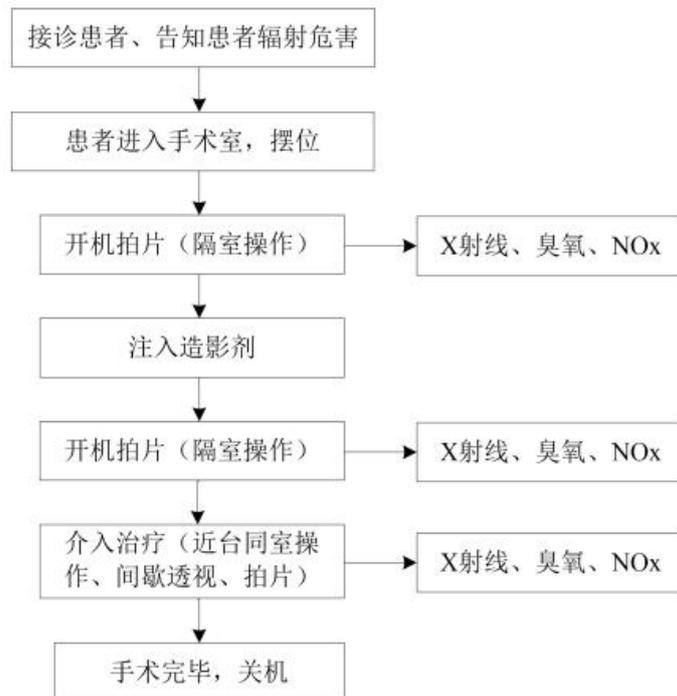


图 9-2 数字减影血管造影系统介入治疗流程及产污环节示意图

9.1.2 周边介入型 C 形臂

(1) 设备组成及工作原理

通过电子计算机进行辅助成像，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。两次数相减，消除相同的信号，得知一个只有造影剂的血管图像。且对比度分辨率高，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；节省胶片使造影价格低于常规造影。本项目周边介入型 C 形臂用于四肢血管造影。



图 9-3 典型周边介入型 C 形臂外观图

(2) 操作流程工艺分析

诊疗时，患者仰卧并进行无菌消毒，局部麻醉后，经皮穿刺静脉，送入引导钢丝及扩张管与外鞘，退出钢丝及扩张管将外鞘保留于静脉内，经鞘插入导管，推送导管，在 X 线透视下将导管送达静脉，顺序取血测定静、动脉，并留 X 线片记录，探查结束，撤出导管，穿刺部位止血包扎。

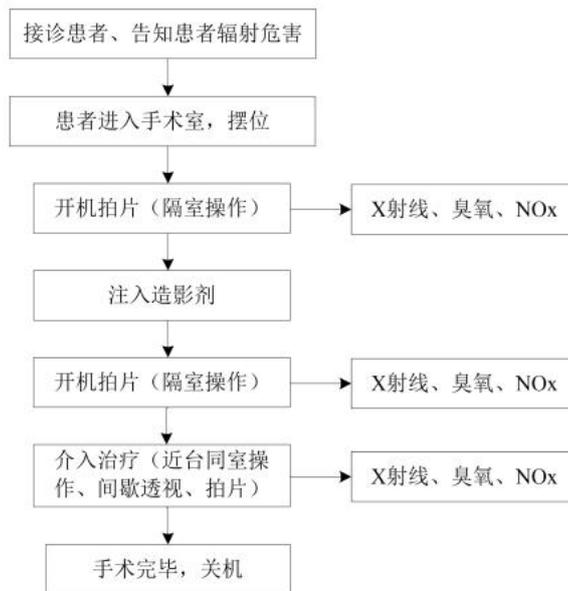


图 9-4 典型周边介入型 C 形臂介入治疗流程及产污环节示意图

9.2 污染源项描述

9.2.1 正常工况下污染途径

本项目射线装置开机时发出X射线，X射线贯穿设备房的屏蔽墙进入外环境，对同室手术操作的医生与护士、操作间职业人员及设备间周围公众人员产生外照射影响。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，本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，本项目设置新风系统，可满足通风换气要求。

9.2.2 事故工况下污染途径

本项目射线装置属于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，使患者或医护人员受到超剂量照射。

②人员在防护门关闭后未撤离机房，射线装置开始运行，对其造成额外误照射。

③安全警示装置发生故障，人员误入正在运行的机房造成额外误照射。

④医护人员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，对机房内医护人员造成额外误照射。

⑤设备维修期间，维修人员在检修设备时，误开机出束，造成额外误照射。

⑥医护人员未穿戴防护用品进入机房，或未配置合格的防护用品，使得医护人员受到较高剂量的附加照射。

表 10 辐射安全与防护

10.1 辐射安全设施

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），“应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制”。本次环评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限定区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防或限制潜在照射或潜在照射的范围。在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志并给出相应的辐射水平和污染水平的指示。”

监督区：“未被确定为控制区、通常不需采取专门防护手段和安全措施但要不断检查其职业照射条件的任何区域。”

本项目采取上述分区原则划分控制区和监督区。

(1) 数字减影血管造影系统

表 10-1 数字减影血管造影系统工作场所分区一览表

分区类型	划分区域
控制区范围	数字减影血管造影系统机房
监督区范围	北侧：患者走廊；西侧：相邻手术室 OR2； 东侧：操作间、设备间（仪器配套设备）； 楼上：ICU 大厅； 楼下：资料室、值班室。

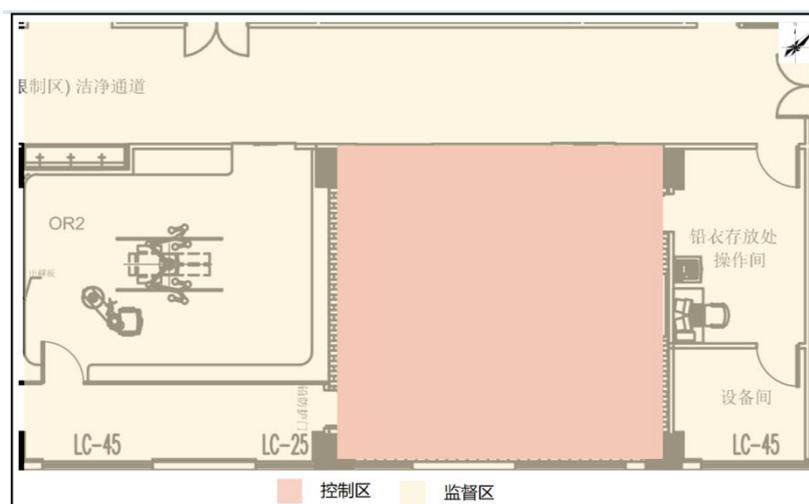


图 10-1 数字减影血管造影系统工作场所分区

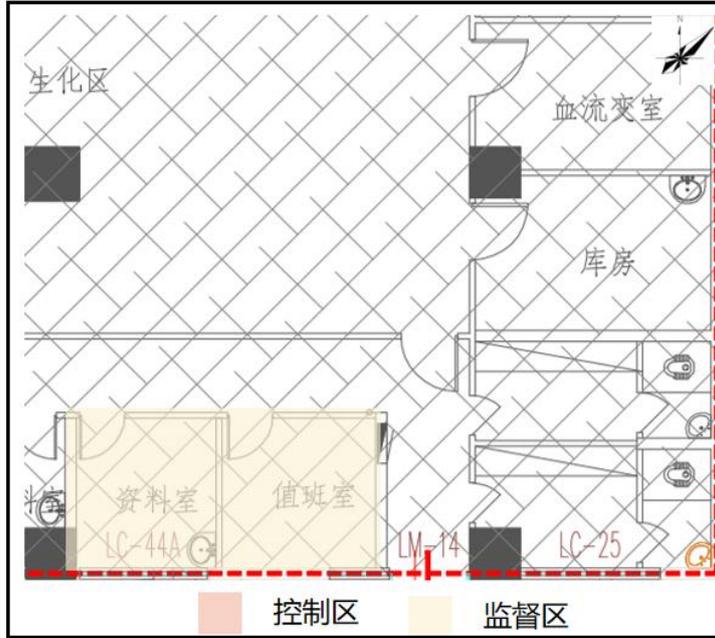


图 10-2 数字减影血管造影系统手术室楼下（一层）场所分区管理示意图



图 10-3 数字减影血管造影系统手术室楼上（三层）场所分区管理示意图

(2) 周边介入型 C 形臂工作场所分区

表 10-2 周边介入型 C 形臂工作场所分区一览表

分区类型	划分区域
控制区范围	周边介入型 C 形臂机房
监督区范围	北侧患者走廊、配电室； 东侧：操作间； 南侧：走廊； 西侧：污物通道； 楼下：内分泌科、糖尿病科。

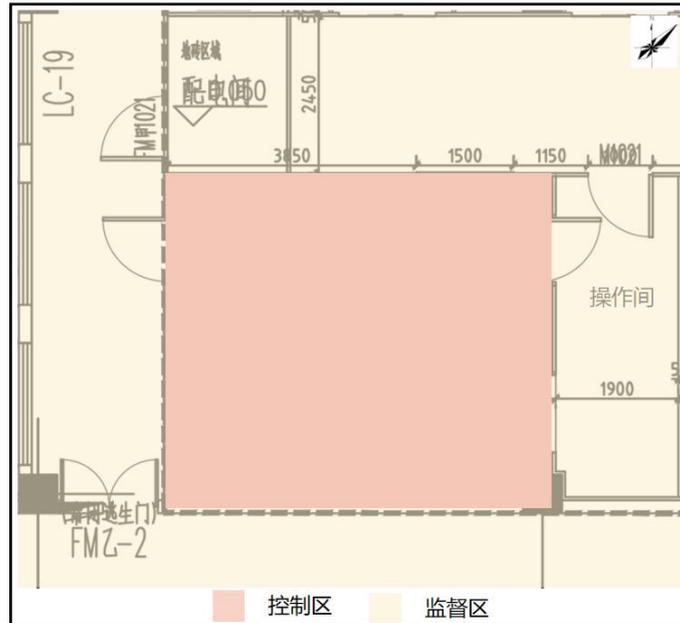


图 10-4 周边介入型 C 形臂机房工作场所分区

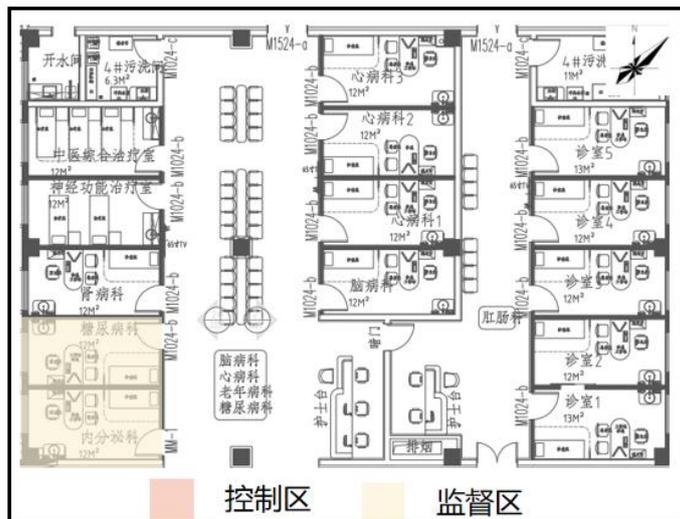


图 10-5 周边介入型 C 形臂手术室楼下（二层）场所分区管理示意图

根据上述分区，医院须采取必要的措施加强分区管理，主要措施如下：

①控制区：机房以防护门和屏蔽墙为界。针对控制区，医院拟采取一系列的放射防护与安全措施，设置门-灯联锁装置、工作状态指示灯及辐射警示标志等设施，严格限制无关人员随意进入控制区，设备在运行过程中，对控制区进行严格控制，控制区内不得有无关人员滞留，保障该区的辐射安全。

②监督区：操作间为医护人员工作场所，禁止无关人员进入。在监督区设置电离辐射警示标识，警告无关人员远离该区域。对该区不采取专门的防护手段安全措施，但要定期检测其辐射剂量率。

③在监督区边界、控制区与监督区之间的穿墙管线等处开展定期监测工作。

④在监督区边界进行监督管控，因此采取在走廊、楼顶出入口张贴电离辐射警示标识，并在机房门上方安装醒目的工作状态指示灯，警示无关人员远离该区域。

评价分析认为项目工作场所控制区、监督区划分满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）分区管理的原则，工作场所分区合理。

10.1.2 医生、病人、污物流动路线

（1）数字减影血管造影系统

①医护人员：医护人员进入更衣室换鞋穿戴好个人防护用品，进入操作间，由手术间北侧的工作人员出入防护门进入手术间。工作完成后，医护人员原路返回。

②患者：患者经过非洁净区、缓冲区及洁净区，由手术间南侧的患者出入防护门进入手术间，接受检查，手术完成后原路返回。

③污物：诊疗产生的医疗废物从手术间西侧的污物通道防护门运往暂存于污物间暂存，诊疗结束后转移至医院医疗废物暂存间。

本项目的建设考虑了医护人员、病人进出及污物通道的布局，且各通道相对独立。医护、患者、污物流动路线见附图 3。

（2）周边介入型 C 形臂

①医护人员：医护人员进入更衣室换鞋穿戴好个人防护用品，进入操作间，由手术间东侧的工作人员出入防护门进入手术间。工作完成后，医护人员原路返回。

②患者：患者经过非洁净区、缓冲区及洁净区，由手术间北侧的患者出入防护门进入手术间，接受检查，手术完成后原路返回。

③污物：诊疗产生的医疗废物从手术间西侧的污物通道防护门运往暂存于污物间暂存，诊疗结束后转移至医院医疗废物暂存间。

本项目的建设考虑了医护人员、病人进出及污物通道的布局，且各通道相对独立。医护、患者、污物流动路线见图附图 4。

10.1.3 辐射防护屏蔽设计

依据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C 的计算公式折算等效厚度。

（1）对给定的铅厚度，依据 NCRP147 号报告中给出的不同管电压 X 射线辐射在铅中衰减的 α 、 β 、 γ 拟合值按下式计算屏蔽透射因子 B。

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

式中：

B——给定铅厚度的屏蔽透射因子；

β ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

α ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

γ ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

X——铅厚度。

(2) 依据 NCRP147 号报告中给出的不同管电压 X 射线辐射在其他屏蔽物质中衰减的 α 、 β 、 γ 拟合值和 (10-1) 中的 B 值，使用下式计算出各屏蔽物质的铅当量厚度 X。

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

式中：

X——不同屏蔽物质的铅当量厚度；

α ——不同屏蔽物质对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

γ ——不同屏蔽物质对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

B——给定铅厚度的屏蔽透射因子；

β ——不同屏蔽物质对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数。

根据 (10-1) 及 (10-2) 式计算，本项目机房屏蔽材料等效铅当量厚度折算为：

表 10-3 不同材料 X 射线辐射衰减的有关的三个拟合参数

不同材料 X 射线辐射衰减的有关的三个拟合参数			
材料	拟合参数 (125kV)		
	α	β	γ
铅	2.219	7.923	0.5386
混凝土	0.03502	0.07113	0.6974
砖	0.02870	0.06700	1.346
屏蔽体材料	屏蔽体材料厚度 (mm)	屏蔽体材料密度 (g/m ³)	等效铅厚度 X (mm)
砖	240	1.65	2.63
混凝土	120	2.35	1.44

依据《放射防护实用手册》第六章表 6.14 中的数据可知，硫酸钡防护涂料密度为 2.79g/cm³，150kV 电压时，17mm 硫酸钡防护涂料相当于 1mmPb，38mm 硫酸钡防护

涂料相当于 2mmPb，使用内插法保守估算 30mm 硫酸钡防护涂料，相当于 1.67mmPb。

本项目数字减影血管造影系统机房与周边介入型 C 型臂机房防护措施相同，机房屏蔽材料等效铅当量厚度见下表：

表 10-4 机房屏蔽材料等效铅当量厚度折算表

	屏蔽防护具体参数	折算过程	总铅当量		标准要求	评价
			125kV			
四面墙体	240mm 实心砖 +30mm 硫酸钡	240mm 实心砖墙 +1.67mmPb 硫酸钡板防护	125kV	4.3mmPb	C 形臂机房 ≥ 2mmPb	符合
顶面	120mm 混凝土 +3mm 铅皮	120mm 混凝土 +3mmPb 铅皮	125kV	4.44mmPb		符合
地面	120mm 混凝土 +30mm 硫酸钡	120mm 混凝土 +1.67mmPb 硫酸钡板防护	125kV	3.11mmPb		符合
患者防护门	3mmPb 电动平移门	3mmPb 电动平移门	3mmPb			符合
工作人员防护门	3mmPb 当量手动单开铅门	3mmPb 当量手动单开铅门	3mmPb			符合
污物门	3mmPb 当量手动单开铅门	3mmPb 当量手动单开铅门	3mmPb			符合
观察窗	3mmPb 铅玻璃	3mmPb 铅玻璃	3mmPb			符合

10.1.4 机房面积

(1) 数字减影血管造影系统

机房面积 53.04m²，最小单边长 6.8m。满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的相关规定：“介入手术室内最小有效使用面积>20m²，介入手术室内最小单边长度>3.5m。”

(2) 周边介入型 C 形臂

机房面积 30m²，最小单边长 5m。满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的相关规定：“介入手术室内最小有效使用面积>20m²，介入手术室内最小单边长度>3.5m。”

10.1.5 辐射安全与防护措施

(1) 门灯联锁装置：拟在介入手术室患者进出防护门、医护人员进出防护门外、操作间防护门外的醒目位置张贴固定的电离辐射警告标志；安装工作状态指示灯，指示灯与患者进入防护门应有效联动，限制无关人员进入。介入手术室周边走廊张贴电离辐射危害告知等提示信息，本项目拟设置的警示灯、警示标志样例如图 10-6 所示。



图 10-6 警示灯、警示标志样例图

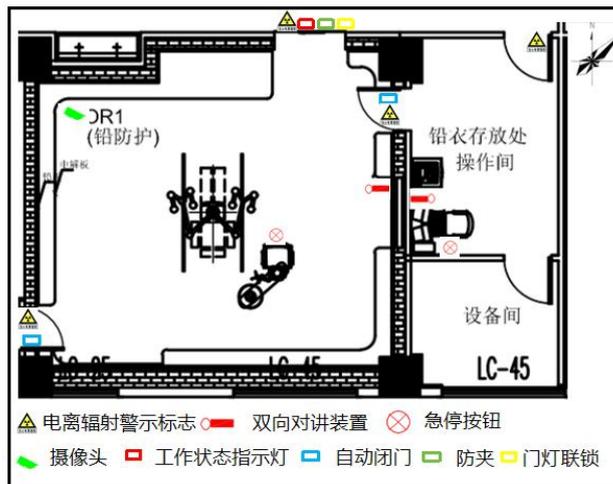


图 10-7 数字减影血管造影系统机房安全设施布置图

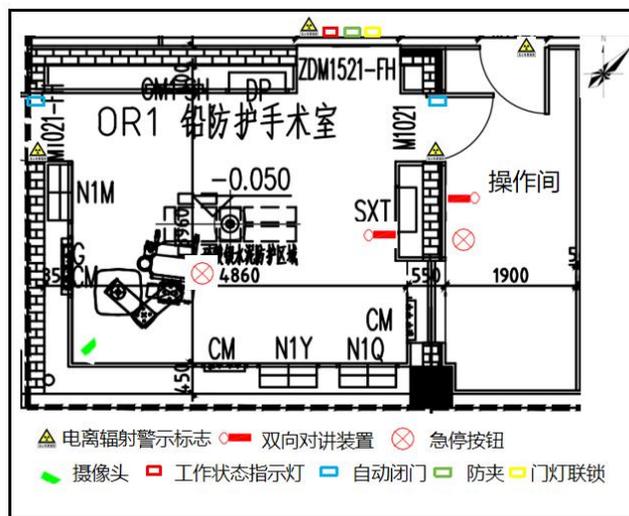


图 10-8 周边介入型 C 形臂机房安全设施布置图

(2) 设备在诊断床及控制台均配有紧急停止按钮；操作间操作台前安装铅玻璃观察窗，便于医师观察患者和受检者状态；控制台设置对讲装置；诊断床及控制台电源钥匙由专人保管，设置出束声音报警。操作间张贴介入手术室应急预案等规章制度。

(3) 平开机房门拟设置自动闭门装置，推拉式机房门拟设置曝光时关闭机房门的

管理措施，电动推拉门拟设置防夹装置，工作状态指示灯能与机房门有效关联。

(4) 机房拟设置观察窗与摄像监控装置，其设置的位置便于观察到受检者状态及防护门开闭情况。

(5) 介入手术室拟设置机械通风装置，并保持良好的通风。数字减影血管造影系统机房手术室采用顶送 + 双侧下排方式，送风采用层流罩方式对空气进行净化处理，回风口设于手术室两侧，保证手术台及周边区域处于洁净气流形成的主流区。排风采用机械排风系统，排风机与房间门及空调机组连锁，进风管道由室外引进管道，在北侧防护墙上部距离地面 3.5 米以上以穿过机房北部防护墙进入机房顶部屏蔽层与机房建筑楼板的空 间敷 设，水平穿墙处不做防护处理；进风管道新风口垂直穿过顶部屏蔽层时，穿墙处采用 4mm 铅皮补偿处理。排风管穿机房北侧屏蔽墙，管道敷设高度同进风管道，均为距地 3.5 米以上，穿墙处不做防护处理，到排风口垂直穿过顶部屏蔽层时处理方法同进风管道，均采用 4mm 铅皮补偿。臭氧和氮氧化物等经排风管道排到医院排风系统中统一排放至室外。满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）6.4.3 “机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风”要求。周边介入型 C 形臂机房介入手术室采用顶送+顶部回风+上排方式，回风口设于手术室顶部，保证手术台及周边区域处于集中送风区，排风采用机械排风系统，排风机与房间门及空调机组连锁，进风管道由室外引进管道，在北侧电动铅门上部距离地面 3.5 米以上以穿过机房进入机房顶部屏蔽层与机房建筑楼板的空 间敷 设，水平穿墙处不做防护处理；进风管道新风口垂直穿过顶部屏蔽层时，穿墙处采用 4mm 铅皮补偿处理。排风管穿机房北侧屏蔽墙，管道敷设高度同进风管道，均为距地 3.5 米以上，穿墙处不做防护处理，到排风口垂直穿过顶部屏蔽层时处理方法同进风管道，均采用 4mm 铅皮补偿。臭氧和氮氧化物等经排风管道排到医院排风系统中同一排放至室外。满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）6.4.3 “机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风”要求。

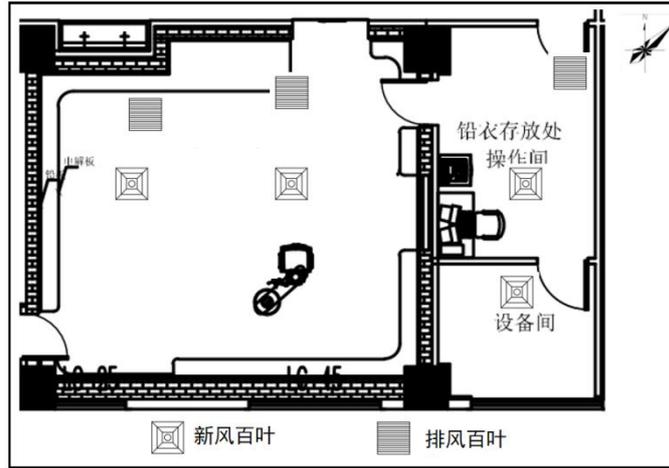


图 10-9 数字减影血管造影系统机房通风布置图

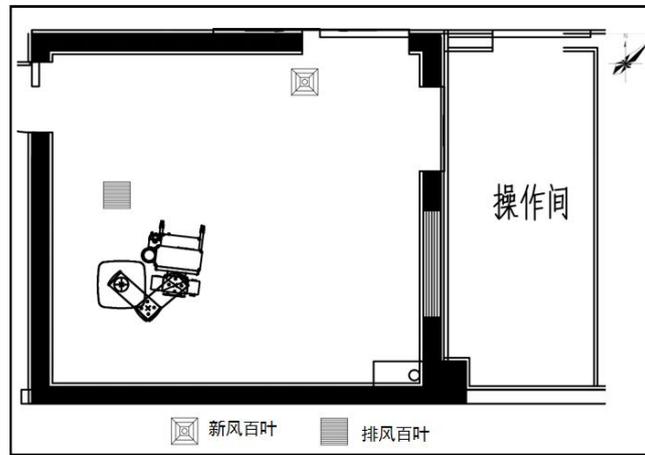


图 10-10 周边介入型 C 形臂机房通风布置图

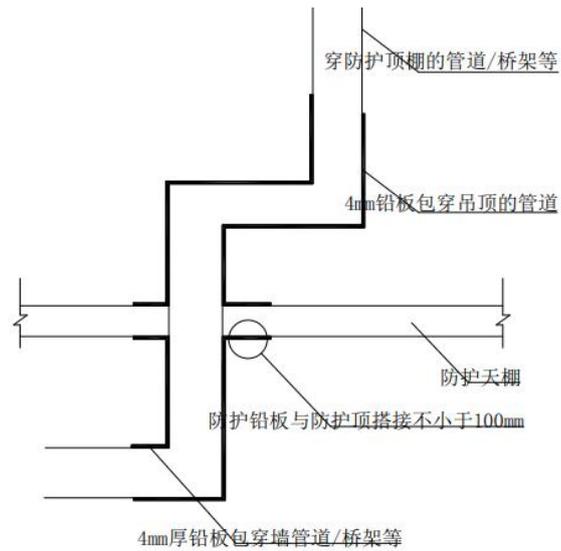


图 10-11 穿顶屏蔽补偿节点图

⑥机房内布局设计合理，避免有用线束直接照射门、窗和管线口位置，不堆放与

该设备诊断工作无关的杂物。电缆、管道等穿过机房墙面的孔道避开有用线束及人员经常驻留的区域，并采用弧状孔、曲路或地沟形式。机房电缆管道等穿过机房墙面的孔道拟采用 U 型管形式。

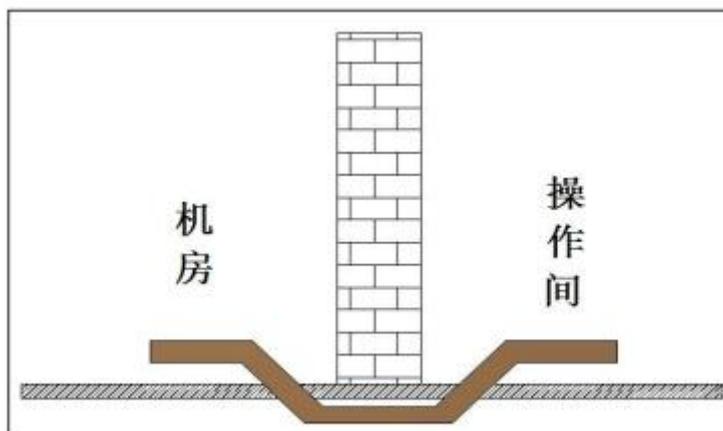


图 10-12 电缆穿墙示意图（U 型管）

(7) 辐射防护用品

按《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中辐射防护用品的规定，本项目应配备的辐射防护用品详见下表。

表 10-5 辐射防护用品配置表

防护名称		数量	铅当量	
数字减影血管造影系统	介入手术室	移动铅防护屏风	1	2mmPb
	工作人员	铅橡胶帽子	2	0.25mmPb
		铅防护眼镜	2	0.25mmPb
		介入防护手套	2	0.025mmPb
		铅橡胶性腺防护围裙	2	0.5mmPb
		铅橡胶颈套	2	0.5mmPb
	受检者	铅橡胶性腺防护围裙	1	0.5mmPb
		铅橡胶颈套	1	0.5mmPb
周边介入型 C 形臂	介入手术室	移动铅防护屏风	1	2mmPb
	工作人员	铅橡胶帽子	2	0.25mmPb
		铅防护眼镜	2	0.25mmPb
		介入防护手套	2	0.025mmPb
		铅橡胶性腺防护围裙	2	0.5mmPb
		铅橡胶颈套	2	0.5mmPb
	受检者	铅橡胶性腺防护围裙	1	0.5mmPb
		铅橡胶颈套	1	0.5mmPb

由上表可知，本项目配备的辐射防护用品满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“6.5 X 射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求”的相关要求。

(8) 其他

a、医院在进行诊疗时已制定最优化方案，在满足诊断前提下，选择合理可行尽量低的射线参数、尽量短的曝光时间，减少放射工作人员和相关公众的受照射时间，避免患者受到额外剂量的照射。

b、已合理布置手术间内急救及手术用辅助设备，手术间和操作间之间安装监控与对讲装置。

c、辐射工作人员已熟练掌握业务技术，自主学习放射防护和有关法律知识，考取合格证书，持证上岗。

d、手术间内布局合理，避免有用线束直接照射门、窗和管线口位置；未堆放与该设备诊断工作无关的杂物。

10.2 三废的治理

本项目不产生放射性“三废”，产生的非放射性废物主要包括废气（臭氧、NO_x）及固体废物。

10.2.1 废气

本项目在诊疗过程中开机拍片、介入治疗会产生臭氧及NO_x。本项目依托医院通风系统，产生的臭氧及NO_x经过排风管道进入排风系统，最后由排风管引至楼顶，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。

10.2.2 废水

本项目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。本项目新增的辐射工作人员均为医院原有工作人员，不新增生活污水。

10.2.3 固体废物

本项目在诊疗过程中会产生医疗包装物、纱布、手套等医疗废物，医疗废物由污物通道收集后运送至污物间，随后转移至医院医废暂存间，由医院统一委托有资质单位处置。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目建设阶段对周围环境的影响主要是施工扬尘、生活污水、噪声、固体废物影响。

11.1.1 扬尘

施工过程中产生的扬尘，主要是手术室及配套用房建设和装修过程中产生的扬尘，主要通过封闭施工措施来进行控制。

11.2.2 生活污水

本项目施工量较少，施工期短，所产生的生活污水量很少。生活污水依托医院现有污水处理设施处理。

11.2.3 固体废弃物

(1) 建筑垃圾

建筑垃圾主要来自于手术室及配套功能用房建设时产生的废弃材料、装修期间产生的装修垃圾，产生量较少，按照城市管理部门要求合规处置。

(2) 生活垃圾

本项目施工量少，施工期短，故生活垃圾产生量也很少。生活垃圾经袋装收集后委托环卫部门统一清运。

11.2.4 噪声

施工期噪声包括材料的切割、施工机器碰撞以及装修产生的噪声，由于施工范围小，施工期较短，施工噪声对周围环境的影响较小。随着施工期的结束，影响也将消失。

11.2.5 设备安装调试

本项目射线装置安装及调试由设备供货方专业人员进行。安装调试阶段是在辐射防护施工完成后进行。设备安装调试过程中会产生废包装纸袋、X 射线及微量臭氧。因安装调试时间短，各污染物产生量很少，且调试结束关机后，X 射线将即时消除，因此，本项目设备安装调试造成的环境影响很小。

西安市高陵区中医医院为新建医院，本项目机房的建设纳入医院主体建设装修，因此本项目施工期对外环境的影响较小。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 数字减影血管造影系统

1、设计与标准要求

机房面积 53.04m², 最小单边长 6.8m。满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 的相关规定: “介入手术室内最小有效使用面积>20m², 介入手术室内最小单边长度>3.5m。”

项目辐射防护措施见表 10-4, 屏蔽防护设计厚度均满足《放射诊断防护要求》(GBZ130-2020)中“C 形臂 X 射线设备机房有用线束和非有用线束方向铅当量 2mmPb”的防护要求。

2、辐射环境影响分析

(1) 预测模式

① 泄漏辐射

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》([M]北京: 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《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 附录 C 计算。

$$H_L = \frac{H_0 \times B \times f}{d^2} \quad (11-1)$$

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

式中:

H_L ——距源点 R (m) 处的剂量率, $\mu\text{Gy/h}$;

f——设备射线泄漏率, 取 0.1%;

H_0 ——离靶 1m 处的剂量率, $\mu\text{Gy/h}$;

d——计算点距源点的距离, m;

B——透射因子;

X——铅厚度, mm。

② 散射辐射

对于散射 X 射线可以用反照率法估计。散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》([M]北京: 原子能出版社, 1987) P437:

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

式中：

H—关注点处的患者散射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

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

α —在初级辐射距离为 1m，面积为 1cm^2 的情况下，该球管在工作电压 kVp 下受照物对入射 X 射线的散射比；参考 NCRP No.147 《医用 X 射线成像装置结构屏蔽设计》

图 C.1。保守取用 125kVp 时 90 度散射角时的散射比为 5.2×10^{-6} ；

s—散射面积， 112cm^2 ；

d_0 —源与患者的距离，0.81m；

d_s —患者与关注点的距离，m；

B—屏蔽透射因子，按式 11-2 计。

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一览表

管电压	材料	参数		
		α	β	γ
125kV（主束）	铅	2.219	7.923	0.5386
125kV（散射）	铅	2.233	7.888	0.7295

(2) 关注区域选取

根据场所布局情况，评价选取患者出入防护门外（A 点）、工作人员出入防护门外（B 点）、东墙外设备间表面 30cm 处（C 点）、工作人员出入防护门外（D 点）、西墙外表面 30cm 处（E 点）、楼下值班室、资料室（F）、楼上 ICU 大厅（G），对泄漏辐射和散射辐射做出预测分析。

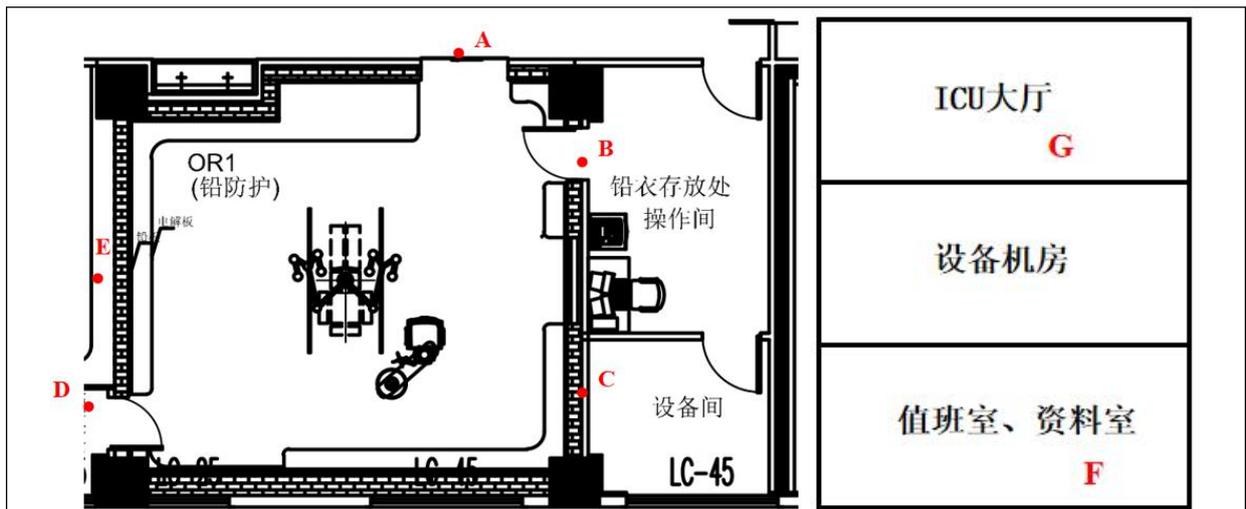


图 11-1 数字减影血管造影系统机房关注区域选取

(3) 预测参数选取及预测结果分析

根据设备说明书中空气比释动能（率）相对更高的典型设置，取头部 X 射线协议剂量率最大时，即射野最小时摄影和透视的工况组合计算机房周围剂量率，同时核算最大射野时摄影和透视的工况组合情况下机房周围剂量率，取相同射野下摄影和透视累加的总剂量较大者作为周围剂量率核算结果。

摄影时：锁骨下 3fps 时，射野 15cm (112cm²) 时参考比释动能 12.554 (mGy/影像)，射野最大为 48cm (1200cm²) 时，参考比释动能 4.318 (mGy/影像)；

透视：射野大小为 15cm (112cm²) 时参考比释动能率 1.105 (mGy/s)，射野大小为 48cm (1200cm²) 时，参考比释动能率 0.406 (mGy/s)。

表 11-2 距焦点 1m 处的空气比释动能率计算表

射野大小 (cm ²)	运行模式	参考比释动能 (率)	核算空气比释动能率 (μGy/h)	焦点距离等中心距离	距焦点 1m 处的空气比释动能率 (μGy/h)
112cm ²	摄影	12.554 (mGy/影像)	1.36×10 ⁸	81cm	8.90×10 ⁷
	透视	1.105 (mGy/s)	3.98×10 ⁶	81cm	2.61×10 ⁶
1200cm ²	摄影	4.318 (mGy/影像)	4.66×10 ⁷	81cm	3.06×10 ⁷
	透视	0.406 (mGy/s)	1.46×10 ⁶	81cm	9.59×10 ⁵

在估算泄漏周围剂量率水平时，泄漏率按 0.1%进行保守估算。

表 11-3 射野最小时 (112cm²) 数字减影血管造影系统各关注点泄漏辐射剂量率估算结果

工作模式	关注区域	H ₀ (μGy/h)	f	D/m	X/mm	α	β	γ	H _L (μGy/h)
透视模式	A	2.61×10 ⁶	0.001	4.6	3	2.219	7.923	0.5386	9.83×10 ⁻³
	B		0.001	5.0	3	2.219	7.923	0.5386	8.32×10 ⁻³
	C		0.001	4.9	4.3	2.219	7.923	0.5386	4.68×10 ⁻⁴
	D		0.001	4.2	3	2.219	7.923	0.5386	1.18×10 ⁻²
	E		0.001	5.1	4.3	2.219	7.923	0.5386	4.32×10 ⁻⁴
	F		0.001	2.7	3.11	2.219	7.923	0.5386	2.22×10 ⁻²
	G		0.001	3.3	4.44	2.219	7.923	0.5386	7.56×10 ⁻⁴
摄影模式	A	8.9×10 ⁷	0.001	4.6	3	2.219	7.923	0.5386	3.35×10 ⁻¹
	B		0.001	5.0	3	2.219	7.923	0.5386	2.84×10 ⁻¹
	C		0.001	4.9	4.3	2.219	7.923	0.5386	1.6×10 ⁻²
	D		0.001	4.2	3	2.219	7.923	0.5386	4.02×10 ⁻¹
	E		0.001	5.1	4.3	2.219	7.923	0.5386	1.47×10 ⁻²
	F		0.001	2.7	3.11	2.219	7.923	0.5386	7.58×10 ⁻¹
	G		0.001	3.3	4.44	2.219	7.923	0.5386	2.58×10 ⁻²

表 11-4 射野最小时 (112cm²) 数字减影血管造影系统各关注点散射辐射剂量率估算结果

工作模式	关注区域	H ₀ (μGy/h)	f	D/m	X/m	α	β	γ	a	d ₀ /m	d _s /m	H _s (μGy/h)
透视模式	A	2.61×10 ⁶	0.001	4.6	3	2.233	7.888	0.7295	5.2×10 ⁻⁶	0.81	3.79	5.63×10 ⁻⁵
	B		0.001	5.0	3	2.233	7.888	0.7295	5.2×10 ⁻⁶	0.81	4.19	4.61×10 ⁻⁵
	C		0.001	4.9	4.3	2.233	7.888	0.7295	5.2×10 ⁻⁶	0.81	4.09	2.61×10 ⁻²
	D		0.001	4.2	3	2.233	7.888	0.7295	5.2×10 ⁻⁶	0.81	3.39	7.04×10 ⁻⁵
	E		0.001	5.1	4.3	2.233	7.888	0.7295	5.2×10 ⁻⁶	0.81	4.29	2.40×10 ⁻⁶
	F		0.001	2.7	3.11	2.233	7.888	0.7295	5.2×10 ⁻⁶	0.81	1.89	1.77×10 ⁻⁴
	G		0.001	3.3	4.44	2.233	7.888	0.7295	5.2×10 ⁻⁶	0.81	2.49	5.2×10 ⁻⁶
摄影模式	A	8.9×10 ⁷	0.001	4.6	3	2.233	7.888	0.7295	5.2×10 ⁻⁶	0.81	3.79	1.92×10 ⁻³
	B		0.001	5.0	3	2.233	7.888	0.7295	5.2×10 ⁻⁶	0.81	4.19	1.57×10 ⁻³
	C		0.001	4.9	4.3	2.233	7.888	0.7295	5.2×10 ⁻⁶	0.81	4.09	8.99×10 ⁻⁵
	D		0.001	4.2	3	2.233	7.888	0.7295	5.2×10 ⁻⁶	0.81	3.39	2.40×10 ⁻³

E	0.001	5.1	4.3	2.233	7.888	0.7295	5.2×10^{-6}	0.81	4.29	8.17×10^{-5}
F	0.001	2.7	3.11	2.233	7.888	0.7295	5.2×10^{-6}	0.81	1.89	6.03×10^{-3}
G	0.001	3.3	4.44	2.233	7.888	0.7295	5.2×10^{-6}	0.81	2.49	1.78×10^{-4}

分析预测结果，项目工作场所各关注区域剂量率见下表。

表 11-5 射野最小时 (112cm^2) 数字减影血管造影系统各关注点辐射剂量率估算结果

关注点位置	透视状态			摄影状态		
	泄漏辐射剂量率 H_L	散射辐射剂量率 H_s	总有效剂量率 H	泄漏辐射剂量率 H_L	散射辐射剂量率 H_s	总有效剂量率 H
患者出入防护门外 (A 点)	9.83×10^{-3}	5.63×10^{-5}	9.89×10^{-3}	3.35×10^{-1}	1.92×10^{-3}	3.37×10^{-1}
工作人员出入防护门外 (B 点)	8.32×10^{-3}	4.61×10^{-5}	8.37×10^{-3}	2.84×10^{-1}	1.57×10^{-3}	2.86×10^{-1}
东墙外设备间表面 30cm 处 (C 点)	4.68×10^{-4}	2.61×10^{-2}	4.71×10^{-4}	1.6×10^{-2}	8.99×10^{-5}	1.61×10^{-2}
工作人员出入防护门外 (D 点)	1.18×10^{-2}	7.04×10^{-5}	1.19×10^{-2}	4.02×10^{-1}	2.40×10^{-3}	4.04×10^{-1}
西墙外表面 30cm 处 (E 点)	4.32×10^{-4}	2.40×10^{-6}	4.35×10^{-4}	1.47×10^{-2}	8.17×10^{-5}	1.48×10^{-2}
楼下值班室、资料室 (F)	2.22×10^{-2}	1.77×10^{-4}	2.24×10^{-2}	7.58×10^{-1}	6.03×10^{-3}	7.64×10^{-1}
楼上 ICU 大厅 (G)	7.56×10^{-4}	5.2×10^{-6}	8.37×10^{-3}	2.58×10^{-2}	1.78×10^{-4}	2.84×10^{-1}

表 11-6 射野最大时 (1200cm^2) 数字减影血管造影系统各关注点泄漏辐射剂量率估算结果

工作模式	关注区域	$H_0(\mu\text{Gy/h})$	f	D/m	X/mm	α	β	γ	$H_L(\mu\text{Gy/h})$
透视模式	A	9.59×10^5	0.001	4.6	3	2.219	7.923	0.5386	3.61×10^{-3}
	B		0.001	5.0	3	2.219	7.923	0.5386	3.06×10^{-3}
	C		0.001	4.9	4.3	2.219	7.923	0.5386	8.94×10^{-6}
	D		0.001	4.2	3	2.219	7.923	0.5386	4.33×10^{-3}
	E		0.001	5.1	4.3	2.219	7.923	0.5386	8.25×10^{-6}
	F		0.001	2.7	3.11	2.219	7.923	0.5386	4.15×10^{-4}
	G		0.001	3.3	4.44	2.219	7.923	0.5386	2.78×10^{-4}
摄影模式	A	3.06×10^7	0.001	4.6	3	2.219	7.923	0.5386	1.15×10^{-1}
	B		0.001	5.0	3	2.219	7.923	0.5386	9.75×10^{-2}
	C		0.001	4.9	4.3	2.219	7.923	0.5386	2.85×10^{-4}
	D		0.001	4.2	3	2.219	7.923	0.5386	1.38×10^{-1}
	E		0.001	5.1	4.3	2.219	7.923	0.5386	2.63×10^{-4}
	F		0.001	2.7	3.11	2.219	7.923	0.5386	1.32×10^{-2}
	G		0.001	3.3	4.44	2.219	7.923	0.5386	8.86×10^{-3}

表 11-7 射野最大时 (1200cm²) 数字减影血管造影系统各关注点散射辐射剂量率估算结果

工作模式	关注区域	H ₀ (μGy/h)	f	D/m	X/m	α	β	γ	a	d ₀ /m	d _s /m	H _s (μGy/h)
透视模式	A	9.59×10 ⁵	0.001	4.6	3	2.233	7.88 8	0.729 5	5.2×10 ⁻⁶	0.8 1	4.3	2.07×10 ⁻⁵
	B		0.001	5.0	3	2.233	7.88 8	0.729 5	5.2×10 ⁻⁶	0.8 1	4.7	1.69×10 ⁻⁵
	C		0.001	4.9	4.3	2.233	7.88 8	0.729 5	5.2×10 ⁻⁶	0.8 1	4.6	4.96×10 ⁻⁸
	D		0.001	4.2	3	2.233	7.88 8	0.729 5	5.2×10 ⁻⁶	0.8 1	3.9	2.59×10 ⁻⁵
	E		0.001	5.1	4.3	2.233	7.88 8	0.729 5	5.2×10 ⁻⁶	0.8 1	4.8	4.51×10 ⁻⁸
	F		0.001	2.7	3.11	2.233	7.88 8	0.729 5	5.2×10 ⁻⁶	0.8 1	3.9	3.32×10 ⁻⁶
	G		0.001	3.3	4.44	2.233	7.88 8	0.729 5	5.2×10 ⁻⁶	0.8 1	0.2	1.91×10 ⁻⁶
摄影模式	A	3.06×10 ⁷	0.001	4.6	3	2.233	7.88 8	0.729 5	5.2×10 ⁻⁶	0.8 1	4.3	6.61×10 ⁻⁴
	B		0.001	5.0	3	2.233	7.88 8	0.729 5	5.2×10 ⁻⁶	0.8 1	4.7	5.40×10 ⁻⁴
	C		0.001	4.9	4.3	2.233	7.88 8	0.729 5	5.2×10 ⁻⁶	0.8 1	4.6	1.58×10 ⁻⁶
	D		0.001	4.2	3	2.233	7.88 8	0.729 5	5.2×10 ⁻⁶	0.8 1	3.9	8.26×10 ⁻⁴
	E		0.001	5.1	4.3	2.233	7.88 8	0.729 5	5.2×10 ⁻⁶	0.8 1	4.8	1.44×10 ⁻⁶
	F		0.001	2.7	3.11	2.233	7.88 8	0.729 5	5.2×10 ⁻⁶	0.8 1	3.9	1.06×10 ⁻⁴
	G		0.001	3.3	4.44	2.233	7.88 8	0.729 5	5.2×10 ⁻⁶	0.8 1	0.2	6.10×10 ⁻⁵

分析预测结果，项目工作场所各关注区域剂量率见下表。

表 11-8 射野最大时 (1200cm²) 数字减影血管造影系统各关注点辐射剂量率估算结果

关注点位置	透视状态			摄影状态		
	泄漏辐射剂量率 H _L	散射辐射剂量率 H _s	总有效剂量率 H	泄漏辐射剂量率 H _L	散射辐射剂量率 H _s	总有效剂量率 H
患者出入防护门外 (A 点)	3.61×10 ⁻³	2.07×10 ⁻⁵	3.63×10 ⁻³	1.15×10 ⁻¹	6.61×10 ⁻⁴	1.16×10 ⁻¹
工作人员出入防护门外 (B 点)	3.06×10 ⁻³	1.69×10 ⁻⁵	3.07×10 ⁻³	9.75×10 ⁻²	5.40×10 ⁻⁴	9.80×10 ⁻²
东墙外设备间表面 30cm 处 (C 点)	8.94×10 ⁻⁶	4.96×10 ⁻⁸	8.99×10 ⁻⁶	2.85×10 ⁻⁴	1.58×10 ⁻⁶	2.87×10 ⁻⁴

工作人员出入防护门外 (D 点)	4.33×10^{-3}	2.59×10^{-5}	4.36×10^{-3}	1.38×10^{-1}	8.26×10^{-4}	1.39×10^{-1}
西墙外表面 30cm 处 (E 点)	8.25×10^{-6}	4.51×10^{-8}	8.30×10^{-6}	2.63×10^{-4}	1.44×10^{-6}	2.65×10^{-4}
楼下值班室、库房 (F)	4.15×10^{-4}	3.32×10^{-6}	4.18×10^{-4}	1.32×10^{-2}	1.06×10^{-4}	1.33×10^{-2}
楼上 ICU 大厅 (G)	2.78×10^{-4}	1.91×10^{-6}	2.80×10^{-4}	8.86×10^{-3}	6.10×10^{-5}	8.93×10^{-3}

由表 11-5、表 11-8 计算结果可知：本项目数字减影血管造影系统射线装置在射野最小时 (112cm^2) 各个预测点的总辐射剂量率较高，故取射野最小时的各个预测点的总辐射剂量率作为本项目机房周围剂量率核算结果，即透视模式下，机房周围各关注点处的空气比释动能率为 $4.35 \times 10^{-4} \sim 2.24 \times 10^{-2} \mu\text{Gy/h}$ ；摄影模式下，机房外周围各关注点处的空气比释动能率为 $1.48 \times 10^{-2} \sim 7.64 \times 10^{-1} \mu\text{Gy/h}$ 。

根据《辐射防护导论》P70 论述：“由于在 X 射线辐射场中，同一点处以 Gy 为单位的比释动能 K 与以 Gy 为单位的吸收剂量指数 D，以及以 Sv 为单位的剂量当量指数 H 数值上几乎相等。”本项目空气比释动能率、有效剂量率与吸收剂量率换算系数均取 1，即 $1\text{Sv}=1\text{Gy}$ 。

因此本项目数字减影血管造影系统在透视模式下，机房周围各关注点处的周围剂量当量率最大为 $2.42 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$ ；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 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。”

摄影模式下，机房外周围各关注点处的周围剂量当量率最大为 $7.64 \times 10^{-1} \mu\text{Sv/h}$ 。根据 GBZ130-2020 附录 B 中“采集机房屏蔽外的周围剂量当量率不大于 $25 \mu\text{Sv/h}$ 为曝光管电流 100mA 时的限值，若管电流不是 100mA，则应将测量值归一至 100mA”，本项目采集时管电流取 800mA，采集状态下将电流值归一至 100mA 时，机房外周围各关注点处的周围剂量当量率最大为 $9.55 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$ ，满足“机房外的周围剂量当量率应不大于 $25 \mu\text{Sv/h}$ 。”的要求。

(4) 工作人员及公众个人剂量估算

人员受到的附加年有效剂量可由式 11-4 计算得到。

$$H_w = H_R \times K \times T \times t \quad (11-4)$$

式中：

H_w ——年受照剂量；

H_R ——计算点附加剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

K——有效剂量与吸收剂量换算系数，取 1Sv/Gy ；

T——人员居留因子；

t——年曝光时间，h/a。

表 11-9 设备预计开机工作时间

设备名称	工作时间	
	每台手术工作时间/min	年手术量/台
数字减影血管造影系统	摄影 20s，透视 15min	200

①职业人员年附加有效剂量

本项目数字减影血管造影系统年总手术台数预计为 200 台，每次手术开机照射时间包括：采集 20s、透视 15 分钟，其中单名医生年手术台数 100 台，单名医生每年收到照射的时间分别为透视时同室操作 25h，采集时间 0.56h；单名护士年最大手术台数预计为 100 台，护士在手术过程中护士承担记录手术情况、传递医疗器械及辅助医生手术的工作，既有同室操作又有隔室操作，保守按全程辐助考虑，则单名护士每年收到照射的时间分别为透视时同室操作 25h，采集时间 0.56h。操作人员年最大手术台数取总手术台数预计为 200 台，均为隔室操作，操作人员每年收到照射的时间分别为透视时间 50h，采集时间 1.11h。

根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)上 7.8.3 条规定：“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。”心脏介入手术在注入造影剂的同时医生会在同室近台曝光，但是时间非常短，其他的介入手术在曝光时医生、护士会离开机房。故本项目按图像采集时隔室操作，医生、护士到操作间防护门后等待，采集时取操作间防护门的剂量进行附加剂量计算。

根据《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》(WS76-2020)，表 B.1 中第 7 条“非直接透视荧光屏设备，透视防护区检测平面上周围剂量当量率需小于 $400\mu\text{Sv/h}$ ”。本项目拟按照要求配备床侧防护帘，保守取周围剂量当量率 $400\mu\text{Sv/h}$ 作为铅围裙外个人剂量计的理论数值。进行介入手术时，护士使用 0.5mmPb 铅悬挂防护屏+ 0.5mmPb 铅防护帘进行屏蔽防护，手部配戴 0.025 的防护手套，医生使用 0.5mmPb 铅橡胶围裙，配戴 0.5mmPb 脖套，配戴铅防护眼镜。根据表 11-4 参数计算所得 125kV 下散射 0.5mmPb 时屏蔽透射因子的 $B=7.37\times 10^{-2}$ ，经计算介入手术操作人员同室透视外照射的剂量率估算为：

$$E=400\times 7.37\times 10^{-2}=29.48\mu\text{Sv/h}$$

辐射工作人员年有效剂量估算结果见表 11-10。

表 11-10 职业工作人员年附加有效剂量估算结果

保护对象	项目	场所	剂量率 μSv/h	工作时间 (h)	年有效剂量 (mSv)
医生	透视	机房内近台	29.48	25	0.737
	摄影	操作间防护门后	2.86×10^{-1}	0.56	
护士	透视	机房内近台	29.48	25	0.737
	摄影	操作间防护门后	2.86×10^{-1}	0.56	
操作人员	透视	操作室操作位	8.37×10^{-3}	50	7.36×10^{-4}
	摄影		2.86×10^{-1}	1.11	

由于心脏介入等部分手术存在同室摄影的情况，医生、护士考虑个人防护用品铅当量为 0.5mmPb，床侧防护屏和铅防护帘帘铅当量均为 0.5mmPb，移动铅屏风的铅当量为 2mmPb，在同室摄影时，医生在操作位，护士在屏风后，即医生防护铅当量按 0.5mmPb、护士按 2.5mmPb 考虑。根据上文，在射野大小为 112cm²时，辐射剂量最大。根据公式（11-2）、（11-3）计算医生位距离放射源 0.6m，护士距离放射源 2.0m 同室摄影时最大剂量率分别为 $1.41 \times 10^4 \mu\text{Sv/h}$ 、 $5.56 \mu\text{Sv/h}$ ，在实际运行过程中，上述估算较为保守，计算时忽略了病人对放射源的吸收作用，因此在设备正常运行状况下医护人员收到的剂量率小于理论计算值。本项目评价考虑在此工况下单台手术摄影时间为 20s 时对同室摄影的手术医生和护士的影响分别为：

$$\text{医生: } 1.41 \times 10^4 \times 20 \div 3600 = 78.33 \mu\text{Sv} = 0.078 \text{mSv}$$

$$\text{护士: } 5.56 \times 20 \div 3600 = 0.031 \mu\text{Sv} = 3.01 \times 10^{-5} \text{mSv}$$

根据上述计算，则每名医生每年 100 台此类手术同室摄影剂量为 0.078mSv，叠加上透视时 0.737mSv 后年有效剂量最高为 0.815mSv。每名护士每年 100 台此类手术同室摄影剂量为 $3.01 \times 10^{-5} \text{mSv}$ ，叠加上透视时 0.737mSv 后年有效剂量最高为 0.737mSv。

建设项目拟配备的 1 名操作人员的年附加有效剂量估算结果为 $7.36 \times 10^{-4} \text{mSv}$ 。

本项目拟建数字减影血管造影系统机房辐射工作人员年有效剂量最大 0.815mSv，满足本项目评价确定的辐射工作人员不高于 5mSv/a 剂量约束值的要求。

在实际运行过程中，上述估算较为保守，计算时忽略了设备材料的衰减作用和人体的吸收作用。因此本项目数字减影血管造影机在正常运行情况下，医护人员实际受到的年附加剂量率小于理论计算值。

②公众人员年附加有效剂量

表 11-11 数字减影血管造影系统各关注点附加年有效剂量估算结果表

关注点位置	透视状态		摄影状态		换算系数	人员居留因子 T	附加年有效剂量率 H _w	年剂量约束限值
	总有效剂量率 H _R	年工作时间	总有效剂量率 H _R	年工作时间				
	μGy/h	h	μGy/h	h				
患者出入防护门外 (A 点)	9.89×10 ⁻³	50	3.37×10 ⁻¹	1.11	1	0.125	1.09×10 ⁻⁴	0.1
工作人员出入防护门外 (B 点)	8.37×10 ⁻³	50	2.86×10 ⁻¹	1.11	1	1	7.35×10 ⁻⁴	5
东墙外设备间表面 30cm 处 (C 点)	4.71×10 ⁻⁴	50	1.61×10 ⁻²	1.11	1	0.125	5.17×10 ⁻⁶	0.1
工作人员出入防护门外 (D 点)	1.19×10 ⁻²	50	4.04×10 ⁻¹	1.11	1	1	1.04×10 ⁻³	5
西墙外表面 30cm 处 (E 点)	4.35×10 ⁻⁴	50	1.48×10 ⁻²	1.11	1	0.5	1.91×10 ⁻⁵	0.1
楼上 ICU 大厅 (G)	2.24×10 ⁻²	50	7.64×10 ⁻¹	1.11	1	0.25	4.92×10 ⁻⁴	0.1
楼下值班室、库房 (F)	8.37×10 ⁻³	50	2.84×10 ⁻¹	1.11	1	0.25	1.67×10 ⁻⁵	0.1

数字减影血管造影系统设备正常运行工况下, 机房外公众所受的年附加有效剂量最大为 1.09×10⁻⁴mSv, 满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》的年有效剂量基本限值 (公众人员 1mSv) 及本次评价所取的年剂量约束值 (公众人员 0.1mSv) 要求。

11.2.2 周边介入型 C 形臂

1、设计与标准要求

机房面积 30m², 最小单边长 5m。满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 的相关规定: “介入手术室内最小有效使用面积 > 20m², 介入手术室内最小单边长度 > 3.5m。”

”项目辐射防护措施见表 10-4, 屏蔽防护设计厚度均满足《放射诊断防护要求》(GBZ130-2020) 中“C 形臂 X 射线设备机房有用线束和非有用线束方向铅当量 2mmPb”的防护要求。

2、辐射环境影响分析

(1) 预测模式

① 泄漏辐射

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》（[M]北京：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《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C 计算。

$$H_L = \frac{H_0 \times B \times f}{d^2} \quad (11-5)$$

$$B = \left[\left(1 + \frac{\beta}{\alpha} \right) e^{\alpha \gamma X} - \frac{\beta}{\alpha} \right]^{-\frac{1}{\gamma}} \quad (11-6)$$

式中：

H_L ——距源点 R (m) 处的剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

f——设备射线泄漏率，取 0.1%；

H_0 ——离靶 1m 处的剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

d——计算点距源点的距离，m；

B——透射因子；

X——铅厚度，mm。

② 散射辐射

对于散射 X 射线可以用反照率法估计。散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》（[M]北京：原子能出版社，1987）P437：

$$H = \frac{H_0 \cdot \alpha \cdot B \cdot (s/400)}{(d_0 \cdot d_s)^2} \quad (11-7)$$

式中：

H——关注点处的患者散射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

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

α ——患者对 X 射线的散射比，取 0.0015（90°散射，相对于 400cm² 散射面积），取自《辐射防护手册第一分册》P437 表 10.1；

s——散射面积，400cm²；

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，按式 11-6 计。

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。

(2) 关注区域选取

根据场所布局情况，评价选取患者出入防护门外（A 点）、工作人员出入防护门外（B 点）、观察窗外表面 30cm 处（C 点）、南墙外表面 30cm 处（D 点）、西墙外表面 30cm 处（E 点）、工作人员出入防护门外（F 点）、楼下内分泌科（G 点），对泄漏辐射和散射辐射做出预测分析。

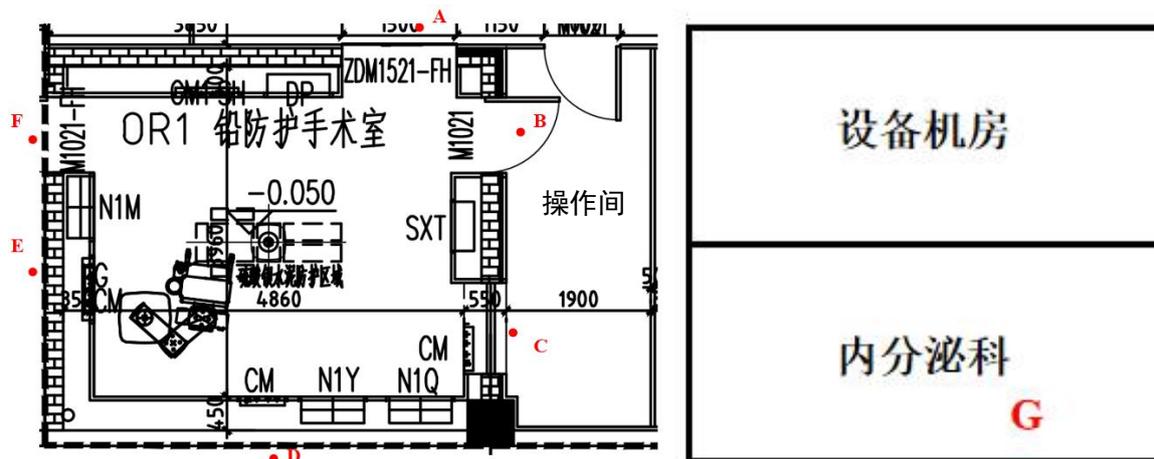


图 11-2 周边介入型 C 形臂机房关注区域选取

(3) 预测参数选取及预测结果分析

根据 ICRP33 《医用外照射源的辐射防护》P55 图 2，在 X 射线管管电压 125kV 时，2.5mmAl 滤过下，离靶 1m 处的剂量率约为 $9.5\text{mGy}/\text{mA}\cdot\text{min}$ 。根据厂家提供的参数，透视时最大管电压下最大管电流为 11mA，采集时最大管电压下最大管电流为 188mA。透视、采集状态下管电流最大不会超过 11mA、188mA。则计算出透视距靶点 1m 处的最大剂量率为 $6.04 \times 10^6 \mu\text{Gy}/\text{h}$ ；采集时距靶点 1m 处的最大剂量率为 $1.07 \times 10^8 \mu\text{Gy}/\text{h}$ 。

① 泄漏辐射：

表 11-12 周边介入型 C 形臂各关注点泄漏辐射剂量率估算结果

工作模式	关注区域	$H_0(\mu\text{Gy}/\text{h})$	f	D/m	X/mm	α	β	γ	$H_L(\mu\text{Gy}/\text{h})$
透视模式	A	6.04×10^6	0.001	4.6	3	2.219	7.923	0.5386	2.27×10^{-2}
	B		0.001	4.9	3	2.219	7.923	0.5386	2.00×10^{-2}
	C		0.001	4.1	3	2.219	7.923	0.5386	2.86×10^{-2}
	D		0.001	2.3	4.3	2.219	7.923	0.5386	4.92×10^{-3}
	E		0.001	2.4	4.3	2.219	7.923	0.5386	4.52×10^{-3}
	F		0.001	3.4	3	2.219	7.923	0.5386	4.16×10^{-2}
	G		0.001	3	3.11	2.219	7.923	0.5386	4.17×10^{-2}
摄影模式	A	1.07×10^8	0.001	4.6	3	2.219	7.923	0.5386	4.03×10^{-1}
	B		0.001	4.9	3	2.219	7.923	0.5386	3.55×10^{-1}

	C		0.001	4.1	3	2.219	7.923	0.5386	5.07×10^{-1}
	D		0.001	2.3	4.3	2.219	7.923	0.5386	8.72×10^{-2}
	E		0.001	2.4	4.3	2.219	7.923	0.5386	8.01×10^{-2}
	F		0.001	3.4	3	2.219	7.923	0.5386	7.37×10^{-1}
	G		0.001	3	3.11	2.219	7.923	0.5386	7.38×10^{-1}

②散射辐射:

表 11-13 周边介入型 C 形臂各关注点散射辐射剂量率估算结果

工作模式	关注区域	$H_0(\mu\text{Gy/h})$	f	D/m	X/m	α	β	γ	a	d_0/m	d_s/m	$H_s(\mu\text{Gy/h})$
透视模式	a	6.04×10^6	0.001	4.6	3	2.233	7.888	0.7295	0.0015	0.3	4.3	2.13×10^{-1}
	b		0.001	4.9	3	2.233	7.888	0.7295	0.0015	0.3	4.6	1.86×10^{-1}
	c		0.001	4.1	3	2.233	7.888	0.7295	0.0015	0.3	3.8	2.73×10^{-1}
	d		0.001	2.3	4.3	2.233	7.888	0.7295	0.0015	0.3	2	5.36×10^{-2}
	e		0.001	2.4	4.3	2.233	7.888	0.7295	0.0015	0.3	2.1	4.86×10^{-2}
	f		0.001	3.4	3	2.233	7.888	0.7295	0.0015	0.3	3.1	4.10×10^{-1}
	g		0.001	3	3.11	2.233	7.888	0.7295	0.0015	0.3	2.7	4.22×10^{-1}
摄影模式	a	1.07×10^8	0.001	4.6	3	2.233	7.888	0.7295	0.0015	0.3	4.3	3.77
	b		0.001	4.9	3	2.233	7.888	0.7295	0.0015	0.3	4.6	3.30
	c		0.001	4.1	3	2.233	7.888	0.7295	0.0015	0.3	3.8	4.86
	d		0.001	2.3	4.3	2.233	7.888	0.7295	0.0015	0.3	2	9.5×10^{-1}
	e		0.001	2.4	4.3	2.233	7.888	0.7295	0.0015	0.3	2.1	8.62×10^{-1}
	f		0.001	3.4	3	2.233	7.888	0.7295	0.0015	0.3	3.1	7.26
	g		0.001	3	3.11	2.233	7.888	0.7295	0.0015	0.3	2.7	7.84

分析预测结果，项目工作场所各关注区域剂量率见下表。

表 11-14 周边介入型 C 形臂各关注点辐射剂量率估算结果

关注点位置	透视状态			摄影状态		
	泄漏辐射剂量率 H_L	散射辐射剂量率 H_s	总有效剂量率 H	泄漏辐射剂量率 H_L	散射辐射剂量率 H_s	总有效剂量率 H
患者出入防护门外 (A 点)	2.27×10^{-2}	2.13×10^{-1}	2.36×10^{-1}	4.03×10^{-1}	3.77	4.18
工作人员出入防护门外 (B 点)	2.00×10^{-2}	1.86×10^{-1}	2.06×10^{-1}	3.55×10^{-1}	3.30	3.65
观察窗外表面 30cm 处 (C 点)	2.86×10^{-2}	2.73×10^{-1}	3.01×10^{-1}	5.07×10^{-1}	4.86	5.34
南墙外表面 30cm 处 (D)	4.92×10^{-3}	5.36×10^{-2}	5.85×10^{-2}	8.72×10^{-2}	9.5×10^{-1}	1.04
西墙外表面 30cm 处 (E 点)	4.52×10^{-3}	4.86×10^{-2}	5.31×10^{-2}	8.01×10^{-2}	8.62×10^{-1}	0.94
工作人员出入防护门外 (F 点)	4.16×10^{-2}	4.10×10^{-1}	4.51×10^{-1}	7.37×10^{-1}	7.26	8.00
楼下内分泌科 (G 点)	4.17×10^{-2}	4.22×10^{-1}	4.64×10^{-1}	7.38×10^{-1}	7.84	0.42

根据《辐射防护导论》P70 论述：“由于在 X 射线辐射场中，同一点处以 Gy 为单位的比释动能 K 与以 Gy 为单位的吸收剂量指数 D，以及以 Sv 为单位的剂量当量指数 H 数值上几乎相等。”本项目空气比释动能率、有效剂量率与吸收剂量率换算系数均取 1，即 1Sv=1Gy。

由上表可知，在透视状态下，周边介入型 C 形臂手术室各关注点处的周围剂量当量率最大为 $4.51 \times 10^{-1} \mu\text{Sv/h}$ ，则项目周边介入型 C 形臂手术室屏蔽防护能满足《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。”

在采集状态下，周边介入型 C 形臂手术室各关注点处的总附加剂量率最大为 $8.00 \mu\text{Sv/h}$ ，根据 GBZ130-2020 附录 B 中“采集机房屏蔽外的周围剂量当量率不大于 $25 \mu\text{Sv/h}$ 为曝光管电流 100mA 时的限值，若管电流不是 100mA，则应将测量值归一至 100mA”，本项目采集时管电流取 188mA，采集状态下将电流值归一至 100mA 时，机房外周围各关注点处的周围剂量当量率最大为 $4.26 \mu\text{Sv/h}$ ，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“具有短时、高剂量率曝光的摄影程序，机房外的周围剂量当量率应不大于 $25 \mu\text{Sv/h}$ 。”的要求。机房各屏蔽面的防护效果较好，且随着距离衰减，对周围环境保护目标影响较小。

（4）年附加剂量估算

人员受到的附加年有效剂量可由式 11-8 计算得到。

$$H_w = H_R \times K \times T \times t \quad (11-8)$$

式中：

H_w ——年受照剂量；

H_R ——计算点附加剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

K——有效剂量与吸收剂量换算系数，取 1Sv/Gy；

T——人员居留因子；

t——年曝光时间，h/a。

表 11-15 设备预计开机工作时间

设备名称	工作时间	
	每台手术工作时间/min	年手术量/台
周边介入型 C 形臂	采集 20S，透视 10min	200

表 11-16 周边介入型 C 形臂各关注点附加年有效剂量估算结果表

关注点位置	透视状态		摄影状态		换算系数	人员居留因子 T	附加年有效剂量率 H _w	年剂量约束限值
	总有效剂量率 H _R	年工作时间	总有效剂量率 H _R	年工作时间				
	μGy/h	h	μGy/h	h				
患者出入防护门外 (A 点)	2.36×10 ⁻¹	33.3	4.18	1.11	1	0.125	1.56×10 ⁻³	0.1
工作人员出入防护门外 (B 点)	2.06×10 ⁻¹	33.3	3.65	1.11	1	1	1.09×10 ⁻²	5
观察窗外表面 30cm 处 (C 点)	3.01×10 ⁻¹	33.3	5.34	1.11	1	1	1.60×10 ⁻²	5
南墙外表面 30cm 处 (D)	5.85×10 ⁻²	33.3	1.04	1.11	1	0.5	1.55×10 ⁻³	0.1
西墙外表面 30cm 处 (E 点)	5.31×10 ⁻²	33.3	0.94	1.11	1	0.5	1.41×10 ⁻³	0.1
工作人员出入防护门外 (F 点)	4.51×10 ⁻¹	33.3	8.00	1.11	1	1	2.39×10 ⁻²	5
楼下内分泌科 (G 点)	4.64×10 ⁻¹	33.3	0.42	1.11	1	0.25	6.24×10 ⁻³	0.1

①公众年附加有效剂量估算结果

由上表可知，周边介入型 C 形臂设备正常运行工况下，机房外公众所受的年附加有效剂量最大为 1.56×10⁻³mSv，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》的年有效剂量基本限值（公众人员 1mSv）及本次评价所取的年剂量约束值（公众人员 0.1mSv）要求。

②职业人员年附加有效剂量

a、操作人员年附加有效剂量

操作人员年附加有效剂量根据表 11-8~表 11-13 可知，周边介入型 C 形臂设备正常工作状态下，所致东侧操作间内工作人员年附加有效剂量为 1.60×10⁻²mSv。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（职业人员 20mSv）及本次评价所取的年剂量约束限值（职业人员 5.0mSv）。

b、医护人员年附加有效剂量

本项目周边介入型 C 形臂年总手术台数预计为 200 台，每次手术开机照射时间包括：采集 20s、透视 10 分钟，其中单名医生年手术台数 100 台，单名医生每年收到照射的时间分别为透视时同室操作 16.67h，采集时间 0.56h；单名护士年最大手术台数预计为 100 台，护士在手术过程中护士承担记录手术情况、传递医疗器械及辅助医生手术的工作，既有同室操作又有隔室操作，保守按全程辐助考虑，则单名护士每年收到照射的时间分别为透视时同室操作 16.67h，采集时间 0.56h。

根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)上 7.8.3 条规定：“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。”心脏介入手术在注入造影剂的同时医生会在同室近台曝光，但是时间非常短，其他的介入手术在曝光时医生、护士会离开机房。故本项目按图像采集时隔室操作，医生、护士到操作间防护门后等待，采集时取操作间防护门的剂量进行附加剂量计算。

根据《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》(WS76-2020)，表 B.1 中第 7 条“非直接透视荧光屏设备，透视防护区检测平面上周围剂量当量率需小于 $400\mu\text{Sv/h}$ ”。本项目拟按照要求配备床侧防护帘，保守取周围剂量当量率 $400\mu\text{Sv/h}$ 作为铅围裙外个人剂量计的理论数值。进行介入手术时，护士使用 0.5mmPb 铅悬挂防护屏+0.5mmPb 铅防护吊帘进行屏蔽防护，手部配戴 0.025 的防护手套，医生使用 0.5mmPb 铅橡胶围裙，配戴 0.5mmPb 脖套，配戴铅防护眼镜。根据表 11-4 参数计算所得 125kV 下散射 0.5mmPb 时屏蔽透射因子的 $B=7.37\times 10^{-2}$ ，经计算介入手术操作人员同室透视外照射的剂量率估算为：

$$E=400\times 7.37\times 10^{-2}=29.48\mu\text{Sv/h}$$

辐射工作人员年有效剂量估算结果见表 11-17。

表 11-17 职业工作人员年附加有效剂量估算结果

保护对象	项目	场所	剂量率 $\mu\text{Sv/h}$	工作时间 (h)	年有效剂量 (mSv)
医生	透视	机房内近台	29.48	16.67	0.491
	摄影	操作间防护门后	1.36×10^{-3}	0.56	
护士	透视	机房内近台	29.48	16.67	0.491
	摄影	操作间防护门后	1.36×10^{-3}	0.56	

由于介入手术存在同室摄影的情况，医生、护士考虑个人防护用品铅当量 0.5mmPb，床侧防护屏和铅防护吊帘铅当量均为 0.5mmPb，移动铅屏风的铅当量为 2mmPb，在同

室摄影时，医生在操作位，护士在屏风后，即医生防护铅当量按 0.5mmPb、护士按 2.5mmPb 考虑。根据公式（11-4）、（11-6）计算医生位距离放射源 0.6m，护士距离放射源 2.0m 同室摄影时最大剂量率分别为 $2.92 \times 10^5 \mu\text{Sv/h}$ 、 $6.96 \mu\text{Sv/h}$ ，在实际运行过程中，上述估算较为保守，计算时忽略了病人对放射源的吸收作用，因此在设备正常运行状况下医护人员收到的剂量率小于理论计算值。本项目评价考虑在此工况下单台手术摄影时间为 20s 时对同室摄影的手术医生和护士的影响分别为：

$$\text{医生：} 2.92 \times 10^5 \times 20 \div 3600 = 1622.22 \mu\text{Sv} = 1.62 \text{mSv}$$

$$\text{护士：} 6.96 \times 20 \div 3600 = 0.039 \mu\text{Sv} = 3.87 \times 10^{-5} \text{mSv}$$

根据上述计算，则每名医生每年 100 台此类手术同室摄影剂量为 0.018mSv，叠加上透视时 0.491mSv 后年有效剂量最高为 2.11mSv。每名护士每年 100 台此类手术同室摄影剂量为 $3.87 \times 10^{-5} \text{mSv}$ ，叠加上透视时 0.491mSv 后年有效剂量最高为 0.491mSv。

本项目拟建周边介入型 C 形臂机房辐射工作人员年有效剂量最大 2.11mSv，满足本项目评价确定的辐射工作人员不高于 5mSv/a 剂量约束值的要求。

在实际运行过程中，上述估算较为保守，计算时忽略了设备材料的衰减作用和人体的吸收作用。因此本项目周边介入型 C 形臂在正常运行情况下，医护人员实际受到的年附加剂量率小于理论计算值。

11.2.3 废气环境影响分析

本项目在诊疗过程中开机拍片、介入治疗会产生臭氧及 NO_x 。依托医院通风系统（数字减影血管造影系统机房排风量 $10000 \text{m}^3/\text{h}$ ，新风量 $6000 \text{m}^3/\text{h}$ ，最小换气次数约 24 次/h；周边介入型 C 形臂机房排风量 $2000 \text{m}^3/\text{h}$ ，新风量 $4000 \text{m}^3/\text{h}$ ，最小换气次数 12 次/h），产生的臭氧及 NO_x 经过排风管道进入排风系统，由排风管引至楼顶排放，满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》（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。故项目运行后，工作场所室内产生的少量臭氧及 NO_x 通过排风装置引至医院楼顶进行排放，对人员和周围环境影响较小。

11.2.4 废水环境影响

分析项目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；本项目新增的辐射工作人员均为医院原有工作人员，不新增生活污水。

11.2.5 固体废物环境影响分析

本项目在诊疗过程中会产生纱布、针管、损伤废物、输液器等医疗废物，医疗废物

由污物通道收集后运送至污物间，随后转移至医院医废暂存间，由医院统一委托有资质单位处置。医疗废物暂存间满足《医疗废物处理处置污染控制标准》（GB 39707—2020）中的要求。故项目运行后，工作场所产生的固体废物可以得到合理处置，对环境影响较小。

铅防护用品，在使用一定年限后屏蔽能力减弱，不能达到原有使用功能后成为报废铅防护用品，堆存在医院的废物间内，并做好收存记录，存积一定的量后由医院妥善处置。

后期若设备报废，建设单位应按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中相关要求对废旧的辐射设备进行处置。

11.3 事故影响分析

11.3.1 事故发生情景及事故工况

装置诊断检查时，可能发生的主要事故风险如下：

- （1）无关人员在防护门关闭后未撤离手术室，射线装置开始运行，造成额外照射；
- （2）医生在手术室内为患者摆位或进行其它术前准备工作时，操作间操作台处操作人员误开机出束，对手术室内医生造成误照射；
- （3）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；
- （4）安全警示装置发生故障时，患者门无法正常关闭，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 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，该单位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，设备开机前，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。

(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) 介入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。

(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。

11.3.3 事故应急措施

一旦发生辐射事故，处理的原则是：

(1) 立即消除事故源，防止事故继续蔓延和扩大，即第一时间断开电源，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，在辐射事故发生时能进行妥善处理，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，应按规定程序启动辐射事故应急预案，向医院辐射环境安全管理小组报告，调查原因，科学处理，采取切实可行的应对措施，于 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，上报当地生态环境部门和公安部门。

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《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，医院已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。

1、西安市高陵区中医医院新院区成立有辐射安全与防护管理小组：

组长：王满（院长）；

副组长：高龙（党支部书记）；李增强（副院长）；

领导小组成员负责医院放射诊疗安全与防护管理全面工作。

组员：杨滂 白艳霞 李秀 韩亚丽 白宏江

2、辐射安全与防护管理小组主要职责如下：

（1）贯彻并实施《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和防护管理办法》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》《陕西省放射性污染防治条例》等国家和地方相关法律法规，规范辐射安全管理：

（2）认真贯彻执行国家相关法律法规，接受国家和地方生态环境保护部门、公安部门和卫生部门的监督与检查；

（3）制定辐射事故应急预案并组织演练；

（4）发生辐射事故应及时报告卫生行政部门，并立即采取有效应急救援和控制措施，防止事件的扩大和蔓延，将辐射伤害和损失降低到最低限度。

（5）每年年初制定辐射环境安全管理工作安排，年终进行工作总结。

（6）建立健全辐射安全管理制度，组织定期对辐射安全管理制度进行修订。

（7）组织辐射工作人员参加辐射安全与防护培训、职业健康检查、个人剂量检测，组织人员进行辐射场所日常监测等。

(8) 负责医院辐射防护日常管理与监督、辐射事故处理的统一指挥、调度,协调各部门应急响应工作,指挥应急响应行动对其他下设机构的工作进行指导和监督,以确保应急工作能够随时迅速展开,保证应急工作的顺利进行。

3、职责分工:

组长:全面负责医院射线装置辐射防护的领导工作,提供确保辐射安全所需的人力资源和物质保障。

副组长:协助组长负责医院射线装置辐射防护的管理工作,负责协调组织科室辐射防护相关工作及应急现场指挥,负责辐射工作人员的培训和健康管理工作。

成员:负责协助组长与副组长日常辐射防护管理工作:正确操作射线装置。

12.2 辐射安全管理规章制度

12.2.1 辐射安全管理规章制度

西安市高陵区中医医院新院区现有辐射安全管理制度包括了《辐射防护管理人员岗位职责》、《放射诊疗工作场所辐射防护安全管理制度》、《辐射安全档案管理制度》、《涉辐项目网上管理系统运行管理制度》、《辐射防护安全操作规程》、《放射工作场所及个人剂量监测制度》、《辐射工作人员健康管理制度》、《辐射安全防护设施维护维修制度》、《辐射工作场所监测制度》、《监测仪表使用与检验管理制度》、《辐射防护监测管理规定》、《电离辐射危害告知》、《放射防护注意事项》、《放射工作人员健康管理制度》、《放射事故预防措施》、《放射诊疗工作场所辐射防护安全管理制度》、《放射诊疗质量保证制度》、《辐射事故应急管理制度》、《辐射事故预防措施及应急处理预案》、《使用防护用品告知》、《受检者告知制度》等规章管理制度。

环评要求:医院应针对本项目应用的数字减影血管造影系统与周边介入型 C 形臂制定相应的《辐射安全操作规程》,并将本次环评内容纳入医院现有的规章制度之中,修改并完善医院相关的规章管理制度。医院应根据射线装置实际使用情况,不断修改和完善操作规程、岗位职责、设备检修维护制度、监测方案,使其具有更强的针对性和可操作性。按照国家标准相关规定,配备与辐射类型、规模相适应的个人防护用品。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。

建设单位在取得环评批复后,应按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条的相关要求,申领辐射安全许可证。

12.2.2 核技术利用单位辐射安全管理标准化建设

根据陕环办发〔2018〕29号关于印发新修订的《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，核技术利用单位应进行辐射安全管理标准化建设。根据建设单位提供资料，西安市高陵区中医医院新院区辐射安全管理标准化建设情况详见表12-1。

表 12-1 陕西省核技术利用单位机构建设、人员管理内容

序号	管理内容	管理要求	建设情况	落实情况	
1	决策层	就确保辐射安全目标做出明确的文字承诺，并指派有决策层级的负责人分管辐射安全工作	医院已成立有决策层级的辐射安全与防护管理小组	已落实	
		年初工作安排和年终工作总结时，应包含辐射环境安全管理工作内容	医院决策层需将辐射环境安全管理工作纳入年初工作安排和年终工作总结	待落实	
		明确辐射安全管理部和岗位的辐射安全职责。	已设置辐射安全与防护管理小组，并明确岗位辐射安全职责。	已落实	
		提供确保辐射安全所需的人力资源及物质保障	安全管理部门负责为医院提供确保辐射安全所需的人力资源及物质保障。	已落实	
	人员管理	辐射防护负责人	参加辐射安全与防护培训并通过考核取得合格证，持证上岗；熟知辐射安全法律法规及相关标准的具体要求并向员工和公众宣传辐射安全相关知识	辐射防护负责人已参加辐射安全与防护培训并通过考核取得合格证，持证上岗。	已落实
			负责编制辐射安全年度评估报告，并于每年1月31日前向发证机关提交上一年度评估报告	医院将负责编制辐射安全年度评估报告，并于每年1月31日前向发证机关提交上一年度评估报告。	待落实
			建立辐射安全管理制度，跟踪落实各岗位辐射安全职责	已建立《放射科工作制度》、《放射科辐射防护制度》、《放射科受检者的防护制度》、《放射科管理制度》、《个人剂量监测管理制度》、《辐射安全管理档案》、《放射事故应急处理预案》等制度，并将继续补充完善。	已部分落实，待完善
			建立辐射安全管理档案。	将建立辐射安全管理档案。	待落实
			对辐射工作场所定期巡查，发现安全隐患及时整改，并有完善的巡查及整改记录。	项目运行后，辐射防护负责人应定期对辐射工作场所进行巡查，发现安全隐患及时整改，并建立巡查及整改记录。	已落实

	直接从事放射工作的作业人员	岗前进行职业健康体检，结果无异常。	新增10名II类射线装置辐射工作人员，应进行职业健康体检。	待落实
		参加辐射安全与防护培训并通过考核取得合格证，持证上岗。	新增10名辐射工作人员，应取得相应培训考试合格证书方能上岗。	待落实
		了解本岗位工作性质，熟悉本岗位辐射安全职责，并对确保岗位辐射安全做出承诺。	工作人员了解本岗位工作性质，熟悉本岗位辐射安全职责，并对确保岗位辐射安全做出承诺。	待落实
		熟悉辐射事故应急预案的内容，发生异常情况后，能有效处理。	医院将定期组织放射事故应急预案演练，培养工作人员发生异常情况后处理能力。	待落实
2	机构建设	设立辐射环境安全管理机构和专（兼）职人员，以正式文件明确辐射环境安全管理机构和负责人。	已设立辐射环境安全管理机构和专（兼）职人员，以正式文件明确辐射环境安全管理机构和负责人。	已落实
3	制度建立与执行	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。	已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。	已落实
		建立放射性同位素与射线装置管理制度，严格执行进出口、转让、转移、收贮等相关规定，并建立放射性同位素、射线装置台账。	医院已建立射线装置管理制度、并建立射线装置管理台账。	已落实
		建立本单位放射性同位素与射线装置岗位职责、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。	医院已建立射线装置岗位职责、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。	已落实
		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。	已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。	已落实
		建立辐射工作人员剂量管理制度，每季度对辐射工作人员进行个人剂量监测，对剂量超标人员及时复查，保证职业人员健康档案的连续有效性。	新增10名辐射工作人员，建立辐射工作人员剂量管理制度，每季度对辐射工作人员进行个人剂量监测，对剂量超标人员及时复查，保证职业人员健康档案的连续有效性。	待落实
		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	待完善辐射安全防护设施的维护与维修制度，并建立维护、	待落实

		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、维修工作记录档案（包括检查项目、检查方法、检查结果、处理情况、检查人员、检查时间）。	维修工作记录档案。	
		建立辐射环境监测制度，定期对辐射工作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。	医院为搬迁新院区，已制定《放射工作场所防护检测管理制度》，原老院区配有1台X-γ剂量率测量仪，搬迁后将投入本项目使用，定期对辐射工作场所及周围环境进行监测，定期对监测仪器设备进行检定，并建立检定档案。	待落实
		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。		
4	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，定期进行辐射事故应急演练。	医院已制定《放射事故应急处理预案》，并将定期进行辐射事故应急演练。	已落实
		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。	医院应按照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等内容进一步完善应急预案。	待落实

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，西安市高陵区中医医院新院区从事本项目辐射活动能力评价见下表 12-2。

表 12-2 从事本项目辐射活动能力评价

应具备条件	建设情况	落实情况
使用 II 类射线装置的工作单位，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或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作。	西安市高陵区中医医院新院区已成立了辐射安全与防护管理小组负责射线装置运行时的安全和防护工作。	已落实
从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。	新增 10 名辐射工作人员，应取得相应培训考试合格证书方能上岗。	待落实
射线装置使用场所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	本项目机房通过隔离门与其他区域隔离，严禁无关人员进入；设备上自带急停开关；出入防护门设置门灯连锁系统，防护门外上方设置醒目的工作状态指示灯，门外醒目位置设置电离辐射警告标志等防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	已落实

有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、射线装置使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	已建立辐射工作人员培训管理制度及培训计划等制度，待完善岗位职责、操作规程，及辐射安全防护设施的维护与维修制度，并建立维护、维修工作记录档案。	待落实
配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量计。	新增 10 名辐射工作人员，应对新增的辐射工作人员配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量计。	待落实
有完善的辐射事故应急措施。	医院已制定《放射事故应急处理预案》，但应根据本项目特点进一步完善应急预案内容，完善的辐射事故应急措施。	已落实

由上表可知，西安市高陵区中医医院新院区已建立有相应的管理体系，但应在现有的管理体系上，针对本项目射线装置的特点，完善相关制度，并在项目运行中认真落实。

12.2.3 人员培训和健康管理

1、人员培训

医院从事放射性操作相关的辐射工作人员和负责辐射安全防护的相关管理人员必须经辐射安全和防护专业知识以及相关法规的学习和考核，持证上岗。

环评要求：医院介入医护人员和操作间工作人员、医院辐射管理人员应通过生态环境部国家核技术利用辐射安全与防护培训平台进行辐射安全和防护专业知识学习，经考核合格，取得相应类别成绩合格单后持证上岗；成绩合格单到期后，应定期进行再学习，重新考取成绩合格单持证上岗。未取得相应类别成绩合格单的人员，不得进行放射性操作；医院Ⅲ类射线装置辐射工作人员，应登录国家核技术利用辐射安全与防护培训平台，学习相应类别的辐射安全与防护知识，医院应按照规定考试规则自行组织考核，考核记录存档备查，档案保存时间不低于 5 年。

2、健康管理

新增 10 名辐射工作人员，医院应为每名辐射工作人员配备了个人剂量计，对放射工作人员个人剂量进行监测。

环评要求：应正确佩戴个人剂量计，并建立个人剂量档案；本项目介入人员（医生、护士）建议采用双剂量计监测方法（在铅围裙内外各佩戴一个剂量计）。医院已为辐射工作人员配备个人剂量计，辐射工作人员按照相关要求进行佩戴，个人剂量计每 3 个月送有资质单位检测 1 次个人外照射累计剂量，并建立起个人剂量档案，个人剂量档案终生保存。

12.3 辐射监测

12.3.1 监测仪器

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条第五款，“配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。使用非密封放射性物质的单位还应当有表面污染监测仪”、“使用放射性同位素和射线装置开展诊断和治疗的单位，还应当配备质量控制检测设备，制定相应的质量保证大纲和质量控制检测计划，至少有一名医用物理人员负责质量保证与质量控制检测工作”。医院为搬迁新院区，原老院区配有 1 台 X- γ 剂量率测量仪，搬迁后将投入本项目使用，定期对辐射工作场所及周围环境进行监测，并为辐射工作人员配备个人剂量计。

环评要求：医院已配备的 X- γ 剂量率监测仪器，应每年进行检定，确保仪器处于有效的范围之内。按照监测计划定期对项目所在地及周边环境进行日常监测，将监测结果与标准规定值进行比较，做好日常监测记录，存档备查。当测量值高于标准规定值时，应立即查明原因并采取相应的整改措施，确保其剂量率控制水平满足标准限值要求。

12.3.2 监测方案

根据西安市高陵区中医医院新院区诊疗特点，制定辐射环境监测计划如下：

①定期（不少于 1 次/年）委托有资质的单位对辐射工作场所和周围环境的辐射水平进行监测，并建立监测技术档案；监测数据纳入年度评估报告，并上报环保部门备案。医院日常监测计划见下表。

表 12-4 医院日常监测计划表（建议）

监测点位		监测因子	监测频次
数字减影血管造影系统	距离北侧、西侧、东侧墙体、门、窗表面 30cm、顶棚上方（楼上）距顶棚地面 100cm，设备机房地面下方（楼下）距楼下地面 170cm。	X、 γ 辐射剂量率	每月或每季度自检 1 次，每年由有资质单位监测一次
周边介入型 C 形臂	距离四周墙体、门、窗表面 30cm、设备机房地面下方（楼下）距楼下地面 170cm。		

②建设单位需利用自备的 X- γ 剂量率测量仪对工作场所进行定期监测，并建立监测档案。

12.3.3 年度评估报告

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（2011年5月1日实行）第十二条规定：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年1月31日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

环评要求：医院应当对本单位的射线装置的安全和防护状况进行年度评估，年度评估报告包括辐射安全和防护设施的运行与维护、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、辐射工作人员变动及接受辐射安全和防护知识教育培训情况、辐射事故及应急响应情况以及档案管理等方面的内容。

12.3.4 环保投资概算

本项目总投资 1650 万元，其中环保投资 81.3 万元，占总投资的 4.93%，主要用于环保设施、辐射安全防护设施建设，辐射防护用品以及辐射监测仪器购置等。环保投资估算见下表。

表 12-5 项目环保投资估算表

项目		设施（措施）		金额(万元)	备注	
数字减影血管造影系统	安全装置		对讲装置 1 套、门灯连锁系统和红外防夹装置 1 套	2.0	新建	
	监测仪器		X-γ剂量率监测仪、个人剂量仪	0	现有	
	警示装置		警示标牌和工作警示灯 1 套	0.15	新建	
	辐射防护措施		机房铅防护等设施建设费用。	30	新建	
	个人防护用品及辅助防护设施	工作人员	个人防护用品	铅橡胶帽子 2 套；铅防护眼镜 2 套；介入防护手套 2 套；铅橡胶性腺防护围裙 2 套；铅橡胶颈套 2 套	1.5	新建
		手术间	辅助防护设施	移动铅防护屏风 1 个	1.0	新建
		受检者	个人防护用品	铅橡胶性腺防护围裙 1 套；铅橡胶颈套 1 套；	0.5	新建
	监测		射线装置工作场所监测费用	1.0	新建	
	应急设备		应急和救助的物资准备	0.5	新建	
	环保手续		环境影响评价及项目竣工验收	3.5	新建	
人员管理		辐射工作人员、管理人员及应急人员的组织培训等	0.5	新建		

周边介入型 C形臂	安全装置		对讲装置1套、门灯连锁系统和红外防夹装置1套	2.0	新建	
	监测仪器		X-γ剂量率监测仪、个人剂量仪	0	现有	
	警示装置		警示标牌和工作警示灯1套	0.15	新建	
	辐射防护措施		机房铅防护等设施建设费用。	30	新建	
	个人防护用品及辅助防护设施	工作人员	个人防护用品	铅橡胶帽子2套；铅防护眼镜2套；介入防护手套2套；铅橡胶性腺防护围裙2套；铅橡胶颈套2套	1.5	新建
		手术间	辅助防护设施	移动铅防护屏风1个	1.0	新建
		受检者	个人防护用品	铅橡胶性腺防护围裙1套；铅橡胶颈套1套；	0.5	新建
	监测		射线装置工作场所监测费用	1.0	新建	
	应急设备		应急和救助的物资准备	0.5	新建	
	环保手续		环境影响评价及项目竣工验收	3.5	新建	
人员管理		辐射工作人员、管理人员及应急人员的组织培训等	0.5	新建		
合计				81.3	-	

12.3.5 竣工环境保护验收内容及要求

根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》要求，医院是项目竣工环境保护验收的责任主体，本项目竣工后，应当按照国务院生态环境主管部门规定的程序 and 标准，及时对项目配套建设的环境保护设施进行自主验收，编制验收报告；验收报告编制完成后5个工作日内，公开验收报告，公示的期限不得少于20个工作日。

验收报告公示期满后5个工作日内，医院应当登录全国建设项目竣工环境保护验收信息平台，填报建设项目基本信息、环境保护设施验收情况等相关信息，生态环境主管部门对上述信息予以公开。项目建成后，环境保护设施的验收期限一般不超过3个月。本项目竣工环境保护验收清单（建议）见表12-4。

表12-6 项目竣工环境保护验收清单（建议）

验收内容	验收要求	备注
环保资料	项目建设的环境影响评价文件、环评批复。	要求材料齐全
年有效剂量控制	放射工作人员年有效剂量<5mSv，公众成员年有效剂量<0.1mSv。	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及医院管理要求
剂量率控制	设备机房四周墙体外30cm处、防护门外30cm处、观察窗外30cm处、操作	《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）

		台、机房外电缆穿越处，机房楼上病房距地面 1.0m 处，机房楼下病房距地面 1.7m 处，周围剂量当量率不大于 2.5 μ Sv/h。	
	设备数量	两数字减影血管造影系统、周边介入型 C 形臂机共 2 台设备。	/
防护用品	机房防护措施	四周墙体为 240mm 实心砖墙+30mm 硫酸钡涂料，屋顶和地板采用 120mm 现浇楼板+3mmPb 当量铅皮，患者出入口为 3mmPb 当量的感应式电动推拉铅门，设置门机灯连锁系统和红外防夹装置。医护人员出入口为 3mmPb 当量手动单开铅门，污物通道门为 3mmPb 当量手动单开铅门，观察窗为 3mmPb 当量的铅玻璃。	
	工作人员	个人防护用品	每名介入手术放射工作人员在铅防护衣内外各佩戴 1 枚个人剂量计；其他放射工作人员每人佩戴 1 枚个人剂量计
		辅助防护设施	医护人员：配备铅橡胶帽子 4 套（铅当量 \geq 0.25mmPb），铅橡胶性腺防护围裙 4 套（铅当量 \geq 0.5mmPb）、介入防护手套 4 套（铅当量 \geq 0.025mmPb）、铅橡胶颈套 4 套（铅当量 \geq 0.5mmPb）、铅防护眼镜 4 套（铅当量 \geq 0.25mmPb）；移动铅防护屏 2 套（铅当量 \geq 2mmPb）。
	患者	个人防护用品	配备铅橡胶性腺防护围裙 2 套（铅当量 \geq 0.5mmPb）、铅橡胶颈套 2 套（铅当量 \geq 0.5mmPb）；
监测设备		1 台 X- γ 剂量率测量仪	
	辐射安全防护措施	<p>①机房各防护门上均设置电离辐射警告标志，醒目的工作状态指示灯，设置门灯连锁装置；</p> <p>②制度上墙（操作规程、人员岗位职责、应急程序等）；</p> <p>③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；</p> <p>④机房设置机械通风系统，保持良好通风，机房内不得堆放无关杂物；</p> <p>⑤设备上自带急停开关；操作间与机房设对讲装置；</p> <p>⑥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；</p> <p>⑦防护用品与辅助防护设施齐全；</p> <p>⑧机房四周墙体、顶棚、防护门、观察窗有足够的屏蔽防护能力；</p> <p>⑨穿墙管线不得影响屏蔽防护效果。</p>	
	辐射安全管理	根据环评要求以及陕环办发（2018）29 号文件要求，按照项目的实际情况，建立完善、内容全面、具有可操作性的辐射安全规章制度：制定操作规程、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、监测方案等相关制度。修订辐射事故应急预案，落实必要的应急物资。有专人负责，制度上墙，并定期开展辐射事故应急演练。	

12.4 辐射事故应急

12.4.1 辐射事故应急工作情况

西安市高陵区中医医院新院区已编制并下发了《西安市高陵区中医医院辐射事故应急预案》，并成立辐射事故应急救援指挥部，组长为院长王满。应急预案中明确规定了应急组织体系及职责、应急人员培训和应急物资准备、可能发生的辐射事故及危害程度分析、辐射事故应急响应措施、辐射事故报告和处理程序等具体制度。

12.4.2 本项目辐射事故应急措施

本项目新增 2 台核技术利用设备，应根据《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和防护管理办法》、《陕西省放射性污染防治条例》以及《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）中对于辐射事故应急预案的要求，进一步完善以下几点：

①针对新增的设备完善事故类型和危害程度、应急处置基本原则，补充其预防与预警流程、信息报告程序和应急处置措施，补充辐射设备运行过程中的应急物资和装备保障。

②针对新增的设备，进一步完善信息报告程序、应急处置措施和应急物资保障等部分。

③明确本项目应急救援各成员的职责，辐射安全与防护管理小组和应急救援指挥部应定期开会，总结辐射防护管理方面的经验并不断改进相关管理规章制度。

④应急预案完善后应及时备案，运行期定期进行应急演练并总结演练结果。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

为完善医院的诊疗体系，进一步提高诊疗效果，西安市高陵区中医医院新院区拟购置数字减影血管造影系统与周边介入型 C 形臂机共 2 台设备，经评价分析，各设备的工作场所屏蔽措施满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中的相关要求，该项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）辐射防护要求的“实践的正当性”要求。

13.1.2 辐射环境影响

(1) 本项目位于西安市高陵区泾惠八路高陵区中医医院新院区，2023 年 11 月 15 日建设单位已委托西安桐梓环保科技有限公司对项目建设地及周边环境进行了空气吸收剂量率监测，监测结果为：项目拟建地及周边环境空气吸收剂量率为 0.099~0.106 μ Sv/h，属于天然辐射本底波动水平。

(2) 经模式预测，在正常工况下，数字减影血管造影系统机房外公众所受的年附加有效剂量最大为 1.09×10^{-4} mSv，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》的年有效剂量基本限值（公众人员1mSv）及本次评价所取的年剂量约束值（公众人员0.1mSv）要求；每名医生所受的年附加有效剂量最高为0.752mSv，每名护士受到的年附加有效剂量最高为0.737mSv，操作人员受到的年附加有效剂量为 7.36×10^{-4} mSv，则介入手术医生、护士及操作人员受到的附加年有效剂量均低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）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5.0mSv）。

周边介入型C形臂机房外公众所受的年附加有效剂量最大为 1.56×10^{-3} mSv，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》的年有效剂量基本限值（公众人员1mSv）及本次评价所取的年剂量约束值（公众人员0.1mSv）要求；每名医生所受的年附加有效剂量为0.509mSv，每名护士受到的年附加有效剂量为0.491mSv，操作人员受到的年附加有效剂量为 1.60×10^{-2} mSv，则介入手术医生、护士及操作人员受到的附加年有效剂量均低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）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5.0mSv）。

(3) 项目已成立辐射安全与防护管理小组，制订和完善有关规章制度和应急预案，

设立警示标志和安全装置，在补充、完善本评价提出的防护措施和规章制度后，能满足辐射环境管理要求。

13.1.3 总结

综上所述，西安市高陵区中医医院新院区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，该项目对放射性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，该项目是可行的。

13.2 建议和承诺

(1) 医院应按照国务院生态环境主管部门规定的标准和程序，及时申请办理辐射安全许可证并经验收合格后方可正式投入使用；

(2) 应加强对项目通风设施、射线装置的安全装置以及工作场所安全防范设施的日常检查、维护；保证其处于良好工作状态，防止发生以外照射事故的发生；

(4) 定期开展应急演练，做好演练记录、评价总结，针对本项目射线装置完善预案内容，提高应急响应、处置能力，杜绝辐射事故发生；

(5) 对本项目拟配备的放射工作人员加强辐射防护与安全培训，且确保所有放射工作人员均持证上岗。放射性工作人员体检发现有问题的，应及时查找原因并进行复查，确实因为身体原因不能胜任工作的，应调离辐射岗位。

(6) 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日前向辐射安全许可证颁发部门报送上一年度辐射安全年度评估报告。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见:

经办人

公章

年 月 日

审批意见:

经办人

公章

年 月 日