

编号：HP6420240358-001

核技术利用建设项目

中卫市沙坡头区人民医院新增 DSA 应用项目

环境影响报告表

（公示本）

中卫市沙坡头区人民医院

2025 年 7 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

中卫市沙坡头区人民医院新增 DSA 应用项目

环境影响报告表

建设单位名称：中卫市沙坡头区人民医院

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：中卫市沙坡头区鼓楼东街 60 号

邮政编码：755000

联系人：宋玉祥

电子邮箱：zwseyy@163.com

联系电话：18195136782

环评项目负责人职业资格证书（复印件）

本证书由中华人民共和国人力资源和社会保障部、环境保护部批准颁发。它表明持证人通过国家统一组织的考试,取得环境影响评价工程师的职业资格。 This is to certify that the bearer of the Certificate has passed national examination organized by the Chinese government departments and has obtained qualifications for Environmental Impact Assessment Engineer. Ministry of Human Resources and Social Security The People's Republic of China	Ministry of Environmental Protection The People's Republic of China 编号: HP 00018085 No.
持证人签名: Signature of the Bearer 管理号: 2015035640352014642330000027 File No.	姓名: 沈立平 Full Name 性别: 男 Sex 出生年月: 1982年06月 Date of Birth 专业类别: / Professional Type 批准日期: 2015年05月24日 Approval Date 签发单位盖章: Issued by 宁夏回族自治区人力资源和社会保障厅 签发日期: 2015年 05月 24日 Issued on

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	11
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	12
表 6 评价依据	13
表 7 保护目标和评价标准	15
表 8 环境质量和辐射现状	19
表 9 项目工程分析与源项	24
表 10 辐射安全与防护	34
表 11 环境影响分析	45
表 12 辐射安全管理	60
表 13 结论与建议	66
表 14 审批	69

表 1 项目基本情况

建设项目名称		中卫市沙坡头区人民医院新增 DSA 应用项目				
建设单位		中卫市沙坡头区人民医院				
法人代表	石雨时	联系人	宋玉祥	联系电话	18195136782	
注册地址		中卫市铁路广场西侧				
项目建设地点		中卫市沙坡头区鼓楼东街 60 号门诊医技综合楼 12 层 OR1 复合手术室				
立项审批部门		/		批准文号	/	
建设项目总投资 (万元)		1500	项目环保投资 (万元)		140	投资比例 9.3%
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其他			占地面积 (m ²)	约 67.13m ² (机房面积)
应用 类型	放射源	☐ 销售	☐ I类 ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类			
		☐ 使用	☐ I类 (医疗使用) ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类			
	非密封放 射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物			
		☐ 销售	/			
		☐ 使用	☐ 甲 ☐ 乙 ☐ 丙			
	射线装置	☐ 生产	☐ II类 ☐ III类			
		☐ 销售	☐ II类 ☐ III类			
		☒ 使用	☒ II类 ☐ III类			
	1.1 项目概述 1.1.1 建设单位情况 中卫市沙坡头区人民医院 (本文简称“建设单位”) 是一所集医疗、教学、科研、预防保健为一体的二级甲等综合医院, 医院坚持以病人为中心, 不断提高医疗服务水平, 积极开展医疗技术交流与合作, 是自治区人民医院医疗集团医院; 现有职工 362 人, 有高级专业技术职称 65 人, 中级职称 92 人, 初级职称 116 人; 现开设床位 260 张, 设有内、外、骨、眼、儿、妇、中西医结合、健康体检等 24 个临床医技科室。					

1.1.2 任务由来

建设单位拟在中卫市沙坡头区鼓楼东街 60 号新建门诊医技综合楼，因放射诊疗工作的需要，为患者提供良好的就医服务，建设单位拟在门诊医技综合楼新增 1 台血管造影用 X 射线装置（DSA），并建设 OR1 复合手术室作为其工作场所，用于开展介入手术，DSA 设备能清晰的显示出血管情况，便于医生进行诊断和治疗。

根据《射线装置分类》，本项目所使用的 1 台 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）和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 修订版）规定，使用 II 类射线装置应当组织编制环境影响报告表。

长润安测科技有限公司受建设单位的委托（委托书见附件 1），对中卫市沙坡头区人民医院新增 DSA 应用项目核技术利用项目进行环境影响评价。接受委托后，我司组织相关人员对本项目进行了现场调查和资料收集工作，最终编制完成本项目的环境影响报告表。

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》的相关要求，重新申领辐射安全许可证。

1.1.3 建设内容和规模

（1）项目概况

建设单位拟在门诊医技综合楼 12 层建设 OR1 复合手术室及控制室、设备间等辅助用房，建设单位拟新购置一台 DSA 设备，DSA 设备型号：Azurion 5 M20，最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA。本项目 OR1 复合手术室建设项目组成见表 1-1。

表 1-1 本项目 OR1 手术室建设项目组成一览表

类别	项目名称	建设内容	备注
主体工程	OR1 复合手术室	（1）建筑规模 OR1 复合手术室净面积：67.13m ² ，净空尺寸为长 9.59m×宽 7.0m×吊顶高度 2.90m； （2）辐射防护设计 四周墙体：拟采用 24cm 红砖+4cm 硫酸钡水泥； 顶面：拟采用 220mm 混凝土+3cm 硫酸钡水泥； 地面：拟采用 220mm 混凝土+3cm 硫酸钡水泥。 受检者防护门（与工作人员防护门共用）：拟采用 4mmPb 电动防护推拉铅门； 污物防护门：拟采用 4mmPb 手动平开铅防护门， 观察窗：拟采用 4mmPb 铅玻璃观察窗。	新建

	设备	生产厂家：飞利浦医疗（苏州）有限公司； 设备型号：Azurion 5 M20 型； 参数：125kV，1000mA，属于II类射线装置。	新购
辅助工程	控制室	拟设于机房西侧，尺寸为 3.66m×2.10m	新建
	设备间	拟设于机房西侧，尺寸为 2.22m×2.10m	新建
	洁净走廊	拟设于机房北侧	新建
	其他配套区域	换鞋区及更衣室（男更女更）均位于 12 层机房北侧， 刷手区位于机房北侧洁净走廊。	新建
公用工程	供配电系统	用电来源于市政供电。	依托
	给水系统	依托医院给水管网，供工作人员生活及医疗用水。	依托
	排水系统	依托医院污水排水管网。	依托
环保工程	辐射防护	墙体采用红砖和硫酸钡水泥，室顶采用混凝土和硫酸钡水泥，地面采用混凝土和硫酸钡水泥，防护门采用铅防护，观察窗采用铅玻璃，保证机房满足辐射防护要求。	新建
	污水处理	依托医院污水排水管网。	依托
	排风系统	手术室顶部设计 3 组送风口，东、西两侧墙体下方设置 6 组回风口，手术室顶部设置 2 组排风口，采用“上送下回上排”的方式进行通风。排风机采用离心式（排风机风量为：1200m ³ /h），手术室内产生的臭氧和氮氧化物从顶部排风口沿排风管道排放至楼外部。	新建
	固体废物	生活垃圾依托医院生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理，医疗废物交由有资质单位统一处理。	依托

（2）设备情况

本项目涉及的医用射线装置见表 1-2。

表 1-2 本项目设备详细信息表

射线装置名称	型号	生产厂家	主要参数	球管数	类别	安装位置	用途
血管造影用 X 射线装置（DSA）	Azurion 5 M20	飞利浦医疗（苏州）有限公司	125kV 1000mA	1 个	II类	门诊医技综合楼 12 层 OR1 手术室	介入治疗和诊断

（3）人员配备情况

根据建设单位提供的信息，本项目拟沿用现有相关辐射工作人员，共 13 人，其中心内科医生 2 名，血管外科医生 2 人，神经内科医生 2 人，手术医生按科室分为 3 组，每组 2 人；护士 6 人，分为 3 组，每组 2 人；技师 1 人。本项目拟配备的工作人员专职于本项目，不再兼职其他工作。

(4) 工作负荷

根据建设提供的预估本项目手术量，该 DSA 每年预计开展 600 例手术，其中开展心内科手术约 300 台，血管外科手术约 150 台，神经内科手术约 150 台。

通过对介入手术中 DSA 出束时间进行调查，各类手术的透视时间数据取值详见表 1-3，职业工作人员的工作负荷见表 1-4。为保守估算，单台手术最长摄影时间按照 1min 进行估算。

表 1-3 本项目预计各种手术使用 DSA 情况

科室	手术类型	预计手术量（台）	单台手术出束时间（min）		年最长出束时间（h）			
			透视	摄影	透视		摄影	
心内科	主动脉支架	240	20	1	80	90	4.0	5.0
	起搏器植入	60	10	1	10		1.0	
血管外科	外周血管介入治疗	120	15	1	30	32.5	2.0	2.5
	先心病介入治疗	30	5	1	2.5		0.5	
神经内科	脑血管介入治疗	150	10	1	25	25	2.5	2.5
合计		600	—		147.5		10	

表 1-4 本项目预计各种手术使用 DSA 情况

岗位	分组/科室	总出束时间（h）		分组	每组人员受照时长（h）	
		透视	摄影		透视	摄影
医生/护士	心内科	90	5.0	1	90	5.0
	血管外科	32.5	2.5	1	32.5	2.5
	神经内科	25	2.5	1	25	2.5
技师	手术麻醉科	147.5	10	1	147.5	10

1.1.4 评价目的

(1) 贯彻落实《中华人民共和国环境保护法》及国家相关的法律法规、规章和标准，积极推进生态环境保护行动。

(2) 对新增使用的辐射活动进行辐射环境影响分析，从而评价职业人员及公众人

员在该项目使用过程中可能受到辐射照射及照射的程度。

(3) 对不利影响和存在的问题提出防治措施，把辐射环境影响减少到“可合理达到的尽量低水平”。

(4) 为建设单位提出辐射防护的对策和建议，同时为生态环境部门对建设项目环境管理规定的审批提供依据，为建设单位项目建设和辐射安全日常管理提供技术支撑和参考。

1.2 产业政策符合性分析

本项目为核技术在医学领域的运用。根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》鼓励类第十三项“医药”中第 4 条高端医疗器械创新发展中的“高性能医学影像设备”，属于国家鼓励类产业，符合国家现行产业政策。

1.3 实践正当性分析

建设单位新增 DSA 应用项目对提高心血管治疗水平具有重大意义，在保障病人健康的同时也为医院创造了更大的经济效益，具有明显的社会效益，在使用过程中会产生辐射影响，但通过屏蔽体屏蔽后，对辐射工作人员和公众造成的附加有效剂量低于剂量管理限值要求。

综合考虑，本项目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，因此中卫市沙坡头区人民医院新增 DSA 应用项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）“医疗照射正当性”的要求。

1.4 项目周边保护目标及场址选址

1.4.1 项目位置

建设项目位于中卫市沙坡头区鼓楼东街 60 号，东侧为粮食北楼小区，南侧为美利新村小区，西侧为皮鞋厂家属楼小区，北侧为鼓楼东街。医院地理位置图如图 1-1 所示，医院平面布局见图 1-2。



图 1-1 医院地理位置图

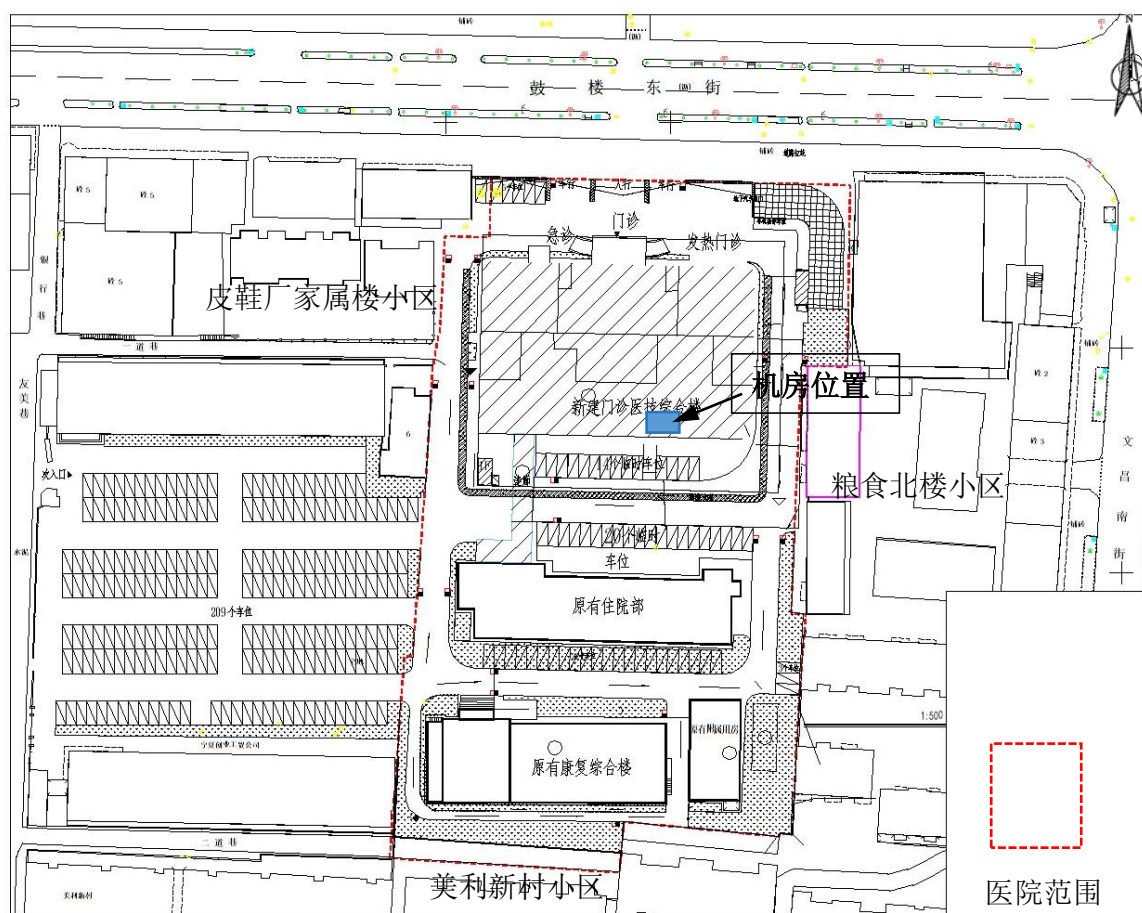
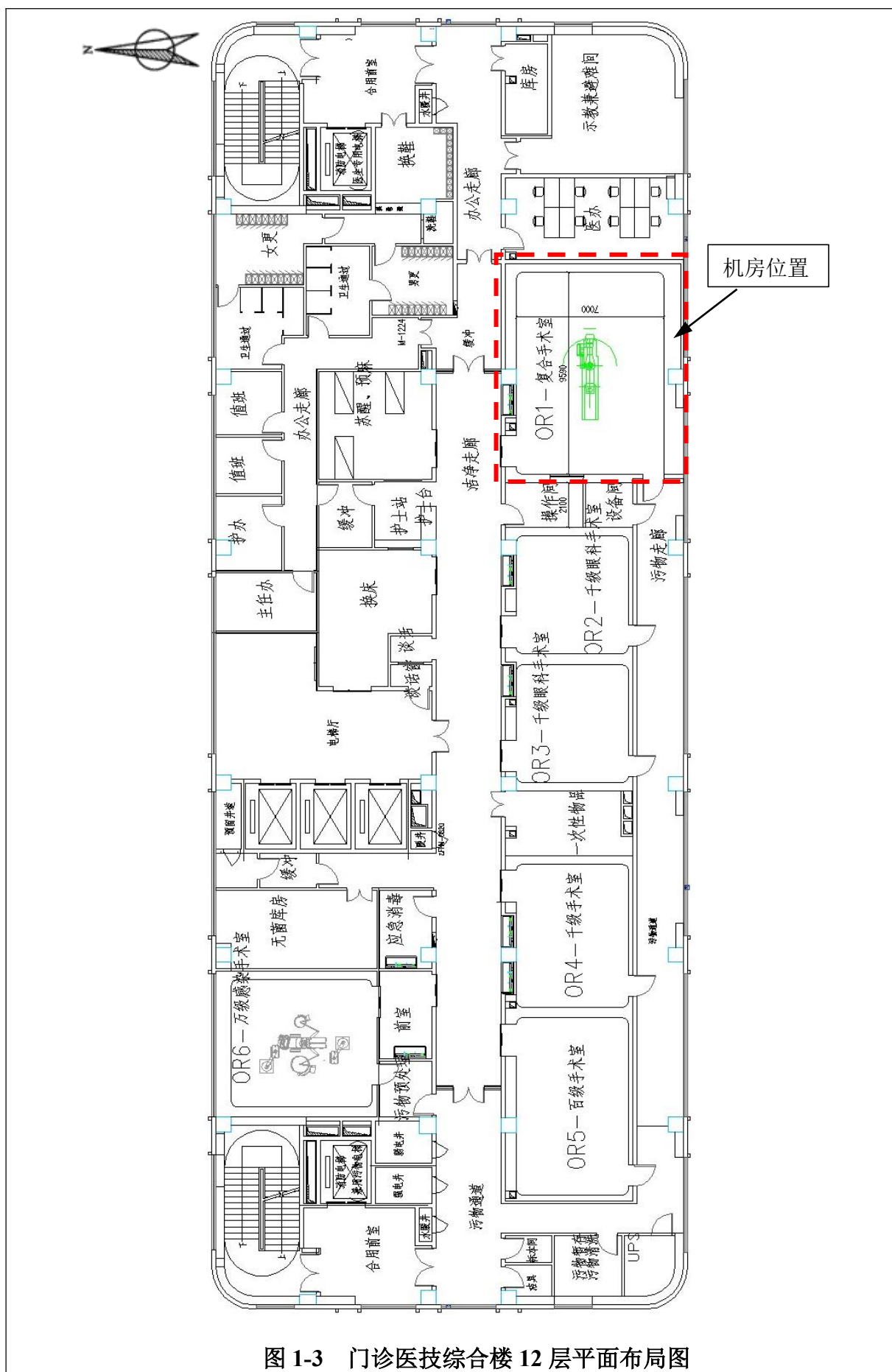


图 1-2 医院整体布局图



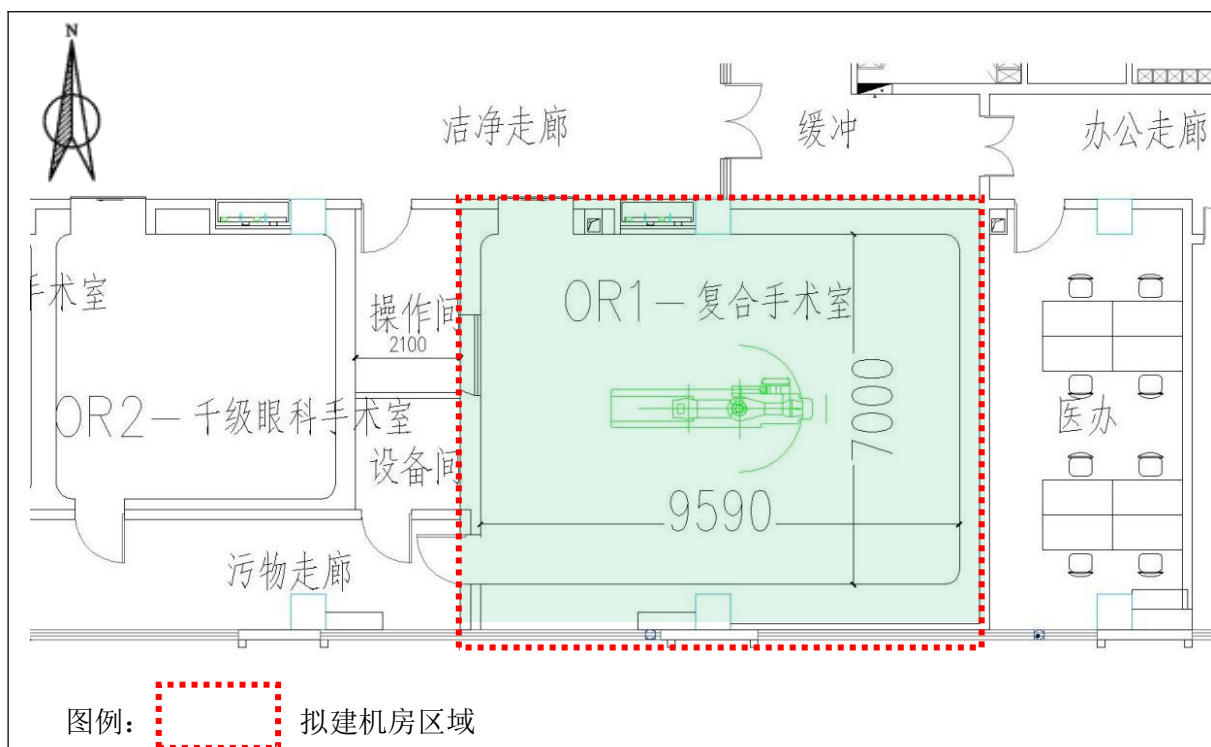


图 1-4 本项目机房设计示意图（单位：mm）

1.4.2 辐射工作场所拟建位置及外环境关系

本项目 OR1 复合手术室所在门诊医技综合楼位于医院北侧，地上共 12 层，地下一层，东侧为院内道路，南侧为院内道路、原有住院部，西侧为院内道路，北侧为鼓楼东街。本项目拟建机房所在 12 层平面布局设计见图 1-3。

1.4.3 周边保护目标及选址

本项目 OR1 复合手术室周围 50m 范围内主要为医院内部建筑、院内道路、停车位等，无学校、自然保护区、保护文物、风景名胜区、水源保护区等环境敏感目标，无环境制约因素，选址合理。

1.5 医院原有核技术应用项目情况及辐射管理现状

1.5.1 许可的射线装置

医院原有核技术利用项目已取得《辐射安全许可证》（详见附件 4），发证日期为：2023 年 10 月 30 日，证书编号为：宁环辐证[N0040]，许可种类为：使用Ⅲ类射线装置；许可证有效期至 2025 年 07 月 23 日，具体情况见表 1-6。

表 1-6 现有射线装置

序号	装置名称	规格型号	类别	用途	使用场所	备注
1	DR	KeenRay top UF	Ⅲ类	医用诊断 X 射线装置	放射科	已许可，

2	DR	KeenRay top UF	Ⅲ类	医用诊断 X 射线装置	放射科	宁环辐 证 [N0040]
3	DR	Multix Fusion Max	Ⅲ类	医用诊断 X 射线装置	放射科	
4	CT	Incisivee CT	Ⅲ类	医用 X 射线计算机断层 扫描（CT）装置	放射科	
5	CT	Precision	Ⅲ类	医用 X 射线计算机断层 扫描（CT）装置	放射科	
6	CT	Orthophos SL 3D	Ⅲ类	口腔（牙科）X 射线装置	放射科	
7	透视	NOVATR60	Ⅲ类	放射治疗模拟定位装置	手术室	

1.5.2 辐射安全管理现状

（1）原有核技术利用项目许可情况

建设单位原有核技术利用项目许可统计情况如下：Ⅲ类射线装置 7 台。

（2）辐射工作人员个人剂量监测结果

建设单位已为现有辐射工作人员配备了个人剂量计，委托中卫市疾病预防控制中心开展辐射工作人员个人剂量检测工作，并按照要求建立个人剂量档案，检测状况良好。

（3）辐射工作人员培训情况

本项目拟配备 13 名辐射工作人员，在本项目竣工验收前，应及时组织相关人员接受辐射安全培训，经培训合格后方可上岗。

（4）辐射工作人员职业健康监护情况

建设单位根据相关法律法规及标准要求，组织现有工作人员进行职业健康检查，检查结果需满足相关要求，建设单位已为工作人员建立了健康档案。

（5）辐射工作场所及外环境监测报告

建设单位每年委托有资质的单位进行放射工作场所及周边环境年度监测，根据建设单位提供资料，医院工作场所及周边环境检测结果符合相关标准要求。

（6）辐射安全管理机构及辐射制度

建设单位已根据相关法律法规要求，制定了《放射防护安全管理制度》《个人剂量监测管理制度》《放射工作人员放射防护培训制度》《放射防护检测与评价制度》《受检者放射危害告知与防护制度》《X 射线摄影系统操作规程》《医疗照射质量保证方案及监测规范》等规章制度，建设单位拟将本项目纳入制度管理，并按照上述制度落实了各项辐射防护管理工作。

(7) 防护用品、监测仪器配备情况

建设单位拟新增 1 台便携式 X- γ 巡测仪, 该设备用于辐射工作场所的自主监测工作。本项目拟新购置 10 套个人防护用品, 拟新购置的 DSA 设备自带铅悬挂防护屏和床侧防护帘。

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》(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	医用血管造影 X 射线系统 (DSA)	II	1	Azurion 5 M20	125	1000	介入治疗和诊断	OR1 复合手术室	

(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)	最大靶电流 (μA)	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 (O ₃)	气体	/	/	极少量	极少量	极低浓度	不暂存	经大气扩散稀释, 其影响可不考虑。
氮氧化物 (NO _x)	气体	/	/	极少量	极少量	极低浓度	不暂存	经大气扩散稀释, 其影响可不考虑。
放射性废弃物	/	/	/	无	无	无	/	/

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

法规文件	(1) 《中华人民共和国环境保护法》，自 2015 年 1 月 1 日施行； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，自 2018 年 12 月 29 日修改施行； (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，自 2003 年 10 月 1 日施行； (4) 《建设项目环境保护管理条例》，自 2017 年 10 月 1 日施行； (5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，自 2019 年 3 月 2 日施行； (6) 《关于发布<射线装置分类>的公告》，自 2017 年 12 月 6 日施行； (7) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，自 2021 年 1 月 1 日施行； (8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原环境保护部令第 18 号，自 2011 年 5 月 1 日起施行； (9) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修订），生态环境部令第 20 号，自 2021 年 1 月 4 日起施行； (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》，环发〔2006〕145 号，自 2006 年 9 月 26 日实施； (11) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，自 2019 年 11 月 1 日施行； (12) 《核技术利用辐射安全考核专业分类参考目录（2021 年版）》，自 2021 年 6 月 10 日起实施； (13) 《生态环境部建设项目环境影响报告书（表）审批程序规定》，生态环境部令 14 号，自 2021 年 1 月 1 日起实施； (14) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，自 2020 年 1 月 1 日实施； (15) 《关于进一步优化辐射安全考核的公告》，自 2021 年 3 月 15 日实施； (16) 《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，自 2024 年 2 月 1 日施行； (17) 《宁夏回族自治区辐射污染防治办法》，宁夏回族自治区人民政府令第102号，自2019年2月1日起施行；
------	--

	(18) 《宁夏回族自治区生态环境保护条例》，自治区第十三届人民代表大会常务委员会第十三次会议通过，2025年1月1日起施行； (19) 《宁夏回族自治区建设项目环境影响评价文件分级审批规定（2022年本）》，宁夏回族自治区生态环境厅，宁环规发〔2022〕6号，自2022年12月15日起施行； (20) 《宁夏回族自治区辐射事故应急预案》，宁夏回族自治区人民政府办公厅，自2022年4月15日起施行； (21) 《中卫市辐射事故应急预案》，卫政办发〔2020〕30号，自2020年4月27日起施行； (22) 《放射工作人员职业健康管理暂行办法》，自2007年11月1日施行。
技术标准	(1) 《建设项目环境影响评价技术导则总纲》（HJ 2.1-2016）； (2) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）； (3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）； (4) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）； (5) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）； (6) 《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）； (7) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）； (8) 《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）； (9) 《放射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ 98-2020）。
其他	1.中卫市沙坡头区人民医院环境影响评价委托书； 2.中卫市沙坡头区人民医院提供的相关图纸； 3.中卫市沙坡头区人民医院提供的其他技术资料； 4.《辐射防护手册》（第一分册—辐射源与屏蔽）（李德平、潘自强主编）； 5.《电离辐射剂量学》（李士骏编著）； 6.设计依据：NCRP Report No.147: Structural Shielding Design and Evaluation for Medical X-Ray imaging Facilities, 2004； 7.《全国环境天然贯穿辐射水平调查研究（1983-1990）》。

表 7 保护目标和评价标准

7.1 评价范围

本项目使用 DSA 设备，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》（HJ 10.1-2016）中“射线装置应用项目的评价范围通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围”的要求，结合本项目实际选址，确定该项目评价范围为 OR1 复合手术室屏蔽墙体外 50m 区域，本项目环境影响评价范围图见图 7-1。

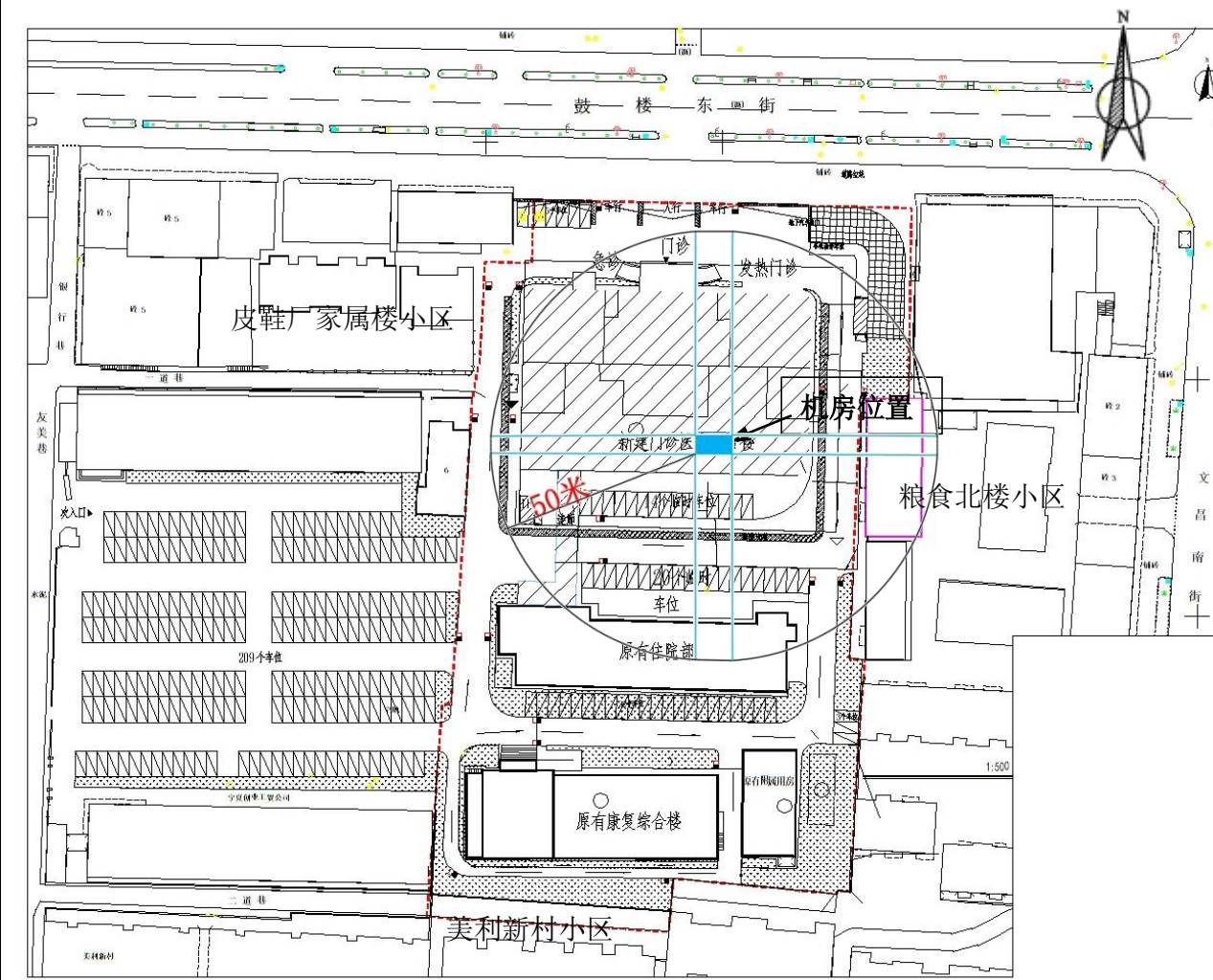


图 7-1 本项目环境影响评价范围示意图

7.2 保护目标

拟建 OR1 复合手术室实体屏蔽物边界外 50m 区域内不涉及学校等环境保护敏感点，结合本项目评价范围，确定本项目环境保护目标是从事该项目的工作人员及辐射工作场所

周围 50m 范围内活动的公众人员。本项目环境保护目标信息见表 7-1。

表 7-1 本项目环境保护目标一览表

保护目标	方位	场所	主要保护目标	相对距离	人口规模	年剂量约束值
职业人员	/	OR1 复合手术室	介入手术医护人员	机房内	医护人员： 共计 12 人	≤5mSv
	北侧	控制室	控制室工作人员	毗邻	技师：1 人	
公众人员	东侧	院内道路	医护人员、患者及患者家属等	20m	约 200 人/天	≤0.1mSv
		粮食北楼小区	医护人员、患者及患者家属等	25~50m	约 200 人/天	
	南侧	院内道路	医护人员、患者及患者家属等	10~30m	约 200 人/天	
		连廊	医护人员、患者及患者家属等	35m	约 100 人/天	
		住院楼	医护人员、患者及患者家属等	30~50m	约 200 人/天	
	西侧	操作间	医护人员、保洁人员等	毗邻	约 13 人/天	
		设备间	医护人员等	毗邻	约 2 人/月	
		污物走廊	医护人员、清洁人员等	毗邻	约 4 人/天	
		院内道路	医护人员、患者及患者家属等	45m	约 200 人/天	
	北侧	洁净走廊	医护人员、患者及患者家属等	毗邻	约 30 人/天	
		缓冲区	医护人员等	毗邻	约 20 人/天	
	楼上	楼顶	公众人员	毗邻	约 5 人/年	
	楼下	拟为治疗室	医护人员、患者及患者家属等	毗邻	约 50 人/天	

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、防护与安全的最优化

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中 4.3.3.1，对于来自一项实践中的任一特定源的照射，应使防护与安全最优化，使得在考虑了经济和社会因素之后，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，这种最优化应以该源所致个人剂量和潜在照射危险分别低于剂量约束和潜在照射危险约束为前提条件(治疗性医疗照射除外)。

2、剂量限值

(1) 职业照射

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)中 4.3.2.1 条款应对个人受到的正常照射加以限制，以保证本标准 6.2.2 规定的特殊情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录 B(标准的附录)中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

B1.1.1.1 款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) 连续 5 年的年平均有效剂量，20mSv；
- b) 任何一年中的有效剂量，50mSv(但不可作任何追溯性平均)；

(2) 公众照射

(以下 B1.2.1 号条款对应 GB 18871-2002 中的条款号)

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

- ①年有效剂量，1mSv；
- ②特殊情况下，若 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；

本项目职业人员取年有效剂量限值的四分之一作为年管理剂量约束值，公众取年有效剂量限值的十分之一作为年管理剂量约束值，即职业人员年管理剂量约束值不超过 5mSv，公众年管理剂量约束值不超过 0.1mSv。

3、工作场所分区

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)中相关要求：

6.4 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。

6.4.1 控制区

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

制潜在照射的范围。

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

6.4.2 监督区

6.4.2.1 注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区：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，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

7.2 《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）

1、X 射线设备机房布局

（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。

（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。

（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。

（4）对改建、扩建项目及技术改造、技术引进项目的 X 射线设备机房，其最小有效使用面积、最小单边长度应不小于表 7-2 要求。

表 7-2 X 射线设备机房（照射室）使用面积及单边长度

设备类型	机房内最小有效使用面积m ²	机房内最小单边长度 m
单管头 X 射线机 ^b	20	3.5
b.单管头、双管头或多管头 X 射线机的每个管球各安装在 1 个房间内。		

2、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；测量时，X 射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间；

本项目手术室使用 DSA 设备进行介入手术和诊断，OR1 复合手术室外周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理位置和场所位置

建设项目位于宁夏回族自治区中卫市沙坡头区鼓楼东街 60 号，医院地理坐标为东经 105°11'22"，北纬 37°30'51"，项目地理位置见图 1-1，医院整体布局图如图 1-2 所示。

门诊医技综合楼位于医院整体布局的北侧，门诊医技综合楼东侧为院内道路，西侧为院内道路，南侧为院内道路、连廊、住院楼，北侧为院内道路。

拟建 OR1 复合手术室位于门诊医技综合楼 12 层南侧，OR1 复合手术室东侧为医生办公室，南侧临空，西侧为操作间、设备间、污物走廊，北侧为洁净走廊、缓冲区，上方无建筑，下层为无菌物品室、清洗消毒室、眼科洁净治疗室、污物通道。

本项目拟建 OR1 复合手术室项目 50m 评价范围内无学校、具有代表性的各种类型的自然生态系统区域，珍稀、濒危的野生动植物自然分布区域，重要的水源涵养区域以及人文遗迹、古树名木等环境敏感目标，无环境制约因素，选址合理可行。

8.2 环境现状评价对象

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的规定：“对其他射线装置、放射源应用项目及非密封放射性物质工作场所，应提供评价范围内贯穿辐射水平”，故本项目环境现状评价主要针对评价范围内的区域辐射环境质量进行评价。

8.3 辐射环境现状监测

8.3.1 监测目的

通过现场监测的方式掌握项目区域环境质量和辐射水平现状，为分析及预测本项目运行对职业人员、公众成员及周围环境的影响提供基础数据。

8.3.2 监测因子

根据项目污染因子特征，环境监测因子为 γ 辐射剂量率。

8.3.3 监测点位

根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021），结合现场条件，对本项目手术室及周围环境进行检测布点，布点情况见图 8-1~图 8-4。

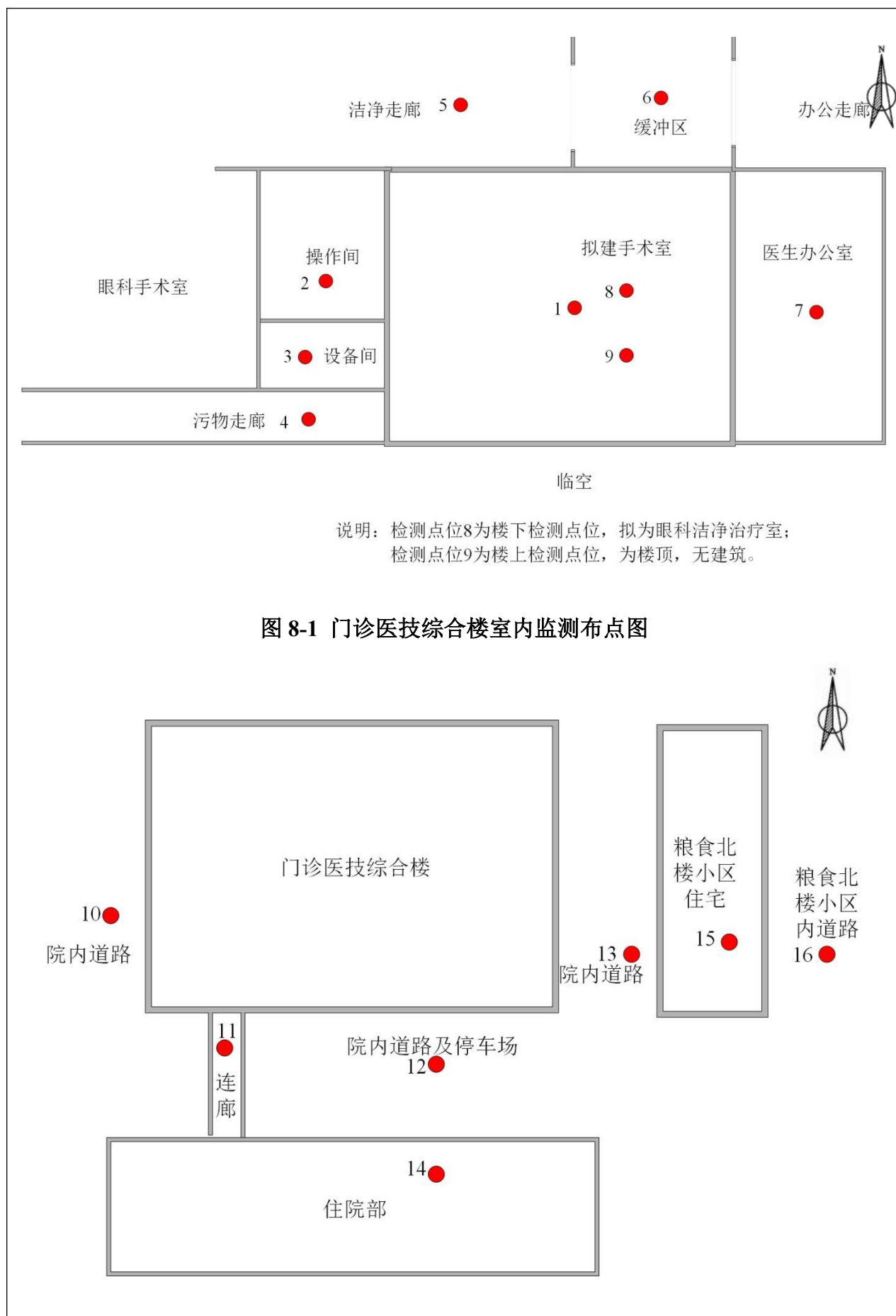


图 8-2 门诊医技综合楼室外监测布点图

8.3.4 监测方案

- 1.检测单位：长润安测科技有限公司
- 2.监测时间：2024 年 11 月 19 日
- 3.监测方式：现场监测
- 4.监测依据：《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》（HJ11 57-2021）
- 5.监测布点：拟建无菌物品室、清洗消毒室、眼科洁净治疗室、污物通道内和四周墙体外，楼上、楼下对应区域，门诊医技综合楼外 50m 范围内；
- 6.监测频次：仪器读数稳定后，以约 10s 的间隔读取 10 个数据；
- 7.监测环境条件：天气：晴；室外温度：3℃，室内温度：23.5℃；湿度：28.9%。
- 8.监测仪器：辐射环境检测使用的仪器信息详见表 8-1。

表 8-1 本项目辐射环境检测使用的仪器基本信息

仪器名称	环境级 X、γ剂量率仪
型号	SCB603E
编号	CR-YQ-088
测量范围	0.01μGy/h~3Gy/h
单位	Gy、Sv 可切换
灵敏度	≥350cps/（1μSv/h）
检定有效期	北京市计量检测科学研究院（证书编号：DD24J-CA100187） 有效期：2024.04.12-2025.04.11

8.3.5 质量控制

- （1）检测实行全过程的质量控制，严格《质量手册》《程序文件》及仪器作业指导书的有关规定执行；
- （2）检测仪器符合《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）中的相关规定，并经过北京市计量检测科学研院校准，每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常；
- （3）现场检测人员、检测报告编制人、检测报告审核人、检测报告授权签字人均持证上岗；
- （4）合理布设检测点位，保证各监测点位布设的科学性和代表性。

(5) 检测方法采用国家有关部门颁布的标准，检测人员经考核并持有合格证书上岗。

(6) 每次检测前、后均检查仪器的工作状态是否正常。

(7) 现场监测严格按照规定的监测点位、方法、记录内容等进行，按照统计学原则处理异常数据和检测数据。

(8) 建立完整的文件资料。仪器校准说明书、检测方案、检测布点图、测量原始数据、统计处理程序等全部保留，以备复查。

(9) 监测报告严格实行三级审核制度，经过校对、审核和签发。

8.3.6 监测结果及评价

拟建 OR1 复合手术室及周围辐射环境本底监测结果分布见表8-2。

表8-2 本项目周围辐射环境本底检测结果

检测点位	点位描述	检测结果 ($\mu\text{Gy/h}$)	备注
1	拟建 OR1 复合手术室	0.096 $\pm$ 0.004	室内
2	拟建手术室西侧操作间	0.093 $\pm$ 0.002	室内
3	拟建手术室西侧设备间	0.091 $\pm$ 0.003	室内
4	拟建手术室西侧污物走廊	0.093 $\pm$ 0.002	室内
5	拟建手术室北侧洁净走廊	0.090 $\pm$ 0.002	室内
6	拟建手术室北侧缓冲区	0.092 $\pm$ 0.002	室内
7	拟建手术室东侧医生办公室	0.092 $\pm$ 0.002	室内
8	拟建手术室楼下	0.093 $\pm$ 0.002	室内
9	拟建手术室楼上	0.086 $\pm$ 0.003	室外
10	门诊医技综合楼西侧院内道路	0.053 $\pm$ 0.002	室外
11	门诊医技综合楼南侧连廊	0.048 $\pm$ 0.003	室外
12	门诊医技综合楼南侧院内道路	0.050 $\pm$ 0.002	室外
13	门诊医技综合楼东侧院内道路	0.047 $\pm$ 0.002	室外
14	住院部	0.092 $\pm$ 0.003	室内
15	粮食北楼小区住宅	0.091 $\pm$ 0.002	室内
16	粮食北楼小区道路	0.056 $\pm$ 0.002	室外

注：1、测量时检测设备探头距离地面约 1m；

2、每个监测点测量 10 个数据取平均值，以上监测结果均已扣除宇宙射线响应值，宇宙射线响应值为 0.012 $\mu\text{Gy/h}$ 。

3、本项目检测设备校准因子 $k_1=0.98$ ；设备无校验源，效率因子 $k_2=1.0$ ；建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子，检测点位（8） k_3 取 0.8，检验点位（1~7）取 0.9，检验点位（10~13）取 1。

监测显示，项目拟建 OR1 复合手术室及其周围室内的环境 γ 辐射剂量为 $0.090\pm0.002\mu\text{Gy/h} \sim 0.096\pm0.004\mu\text{Gy/h}$ ，道路的周围环境 γ 辐射剂量率在 $0.048\pm0.003\mu\text{Gy/h} \sim 0.056\pm0.002\mu\text{Gy/h}$ 。根据《全国环境天然贯穿辐射水平调查研究（1983-1990）》，宁夏地区的室内 γ 辐射剂量率水平为 62.3-137.8nGy/h，道路 γ 辐射剂量率 34.7-104.1nGy/h，分析可知，本项目周围环境辐射水平在宁夏天然环境本底水平范围内，未发现院内及该项目场所周边环境辐射水平异常。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备与工艺分析

9.1.1 工程设备

1、设备组成

DSA 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 成像系统按功能和结构划分，主要由五部分构成：X 线发生装置、影像检测和显示系统、影像处理和系统控制部分、机架系统和检查床、影像存储和传输系统。

(1) X 线发生装置

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

(2) 影像检测和显示系统

影像检测和显示系统用于将 X 线信息影像转换成可见影像。目前数字成像系统共有两种：影像增强器和平板探测器。影像增强器接收穿过人体的 X 线并转换为亮度增强数千倍的输出图像后，经摄像机转换为电子图像，再经 A/D 转换成数字图像；而平板探测器是直接接收穿过人体的 X 线信息后转换成数字图像。现代大型 DSA 设备普遍使用平板探测器，其转换环节少，减少了噪声，使 X 线光子信号的损失降到了最低限度，大大提高了光电转换效率。不但保证了优质的图像质量，而且降低了射线剂量。

(3) 影像处理和系统控制部分

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

(4) 机架系统和检查床

机架系统有悬吊式和落地式两种，各有利弊，可根据工作特点和机房情况选择。检查床具有手术床和透视诊断床两种功能，多采用高强度、低衰减系统的碳素纤维床面，减少对 X 射线的吸收。

（5）影像存储和传输系统

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

DSA 在工作时，能够实现曝光采集及透视功能。目前主流的 DSA 多采用脉冲透视功能，能够实现短时间、低电压、大电流连续脉冲式动态采集。同时还能自动根据成像区衰减状态调整 kV、mA 等参数，使 X 射线管保持最佳负荷状态，在安全辐射剂量范围内获取最佳图像质量。

根据医院提供的资料，本项目拟配备 Azurion 5 M20 型 DSA 机，使用平板探测器，DSA 机的 C 型臂上，X 射线球管及平板探测器分别在 C 型臂的两端，球管出束口恒定朝向平板探测器照射，出束主射线在平板探测器成像范围（照射野范围）内。本项目 DSA 机外观示意图见图 9-1



图9-1 本项目DSA设备外观示意图

9.1.2 工作原理

1、工作原理

DSA 设备的核心部件为 X 射线发生器，成像基本原理是：将受检部位没有注入造影剂和注入造影剂后的血管造影 X 射线荧光图像，经电子计算机处理并将两幅图像的数字信息相减，最终获得去除骨骼、肌肉和其他软组织，只留下单纯血管等影像的减影图像，通过显示器显示出来。通过 DSA 机处理的图像，使血管等的影像更为清晰，在进行介入

手术时更为安全。

本项目拟配备的 DSA 机属于平板探测器型，其成像原理为：①曝光前对非晶硒两面的偏置电极板预先施加 1~5000V 正向电压形成偏置电场，像素矩阵处于预置初始状态；②X 线曝光时在偏置电场作用下形成电流→垂直运动→电荷采集电极→给储存电容充电；③读取 TFT 储存电容内的电荷→放大→A/D 转换成数字信号→计算机运算→形成数字图像；④消除残存电荷，其系统结构示意图 9-2。

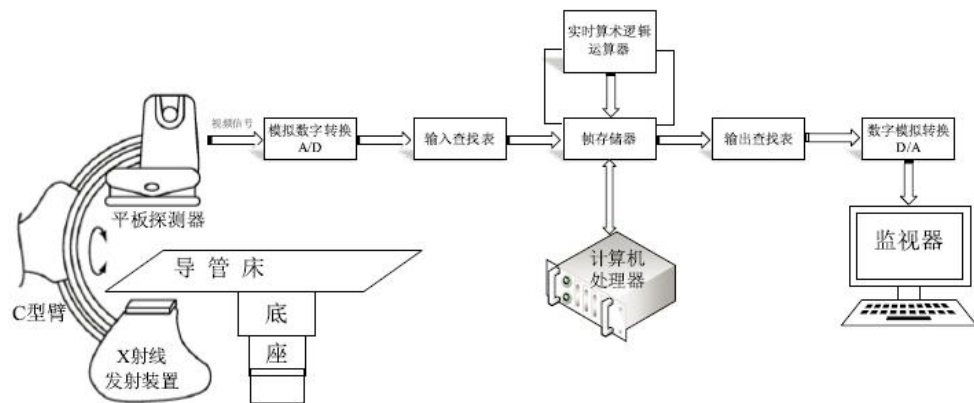


图9-2 DSA结构示意图

2、工作方式

本项目 DSA 机工作场所拟配套相应的机房和控制室，控制室与机房分开设置。

DSA 机在进行曝光时可分为减影和透视两种情况：

（1）减影检查：减影是操作人员采取隔室操作的方式（即操作技师在控制室内对病人进行曝光），医生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，曝光并通过电子计算机处理后得到最终的减影图像，医生根据减影图像对病人的病情进行诊断；

（2）介入治疗：透视是病人需进行介入手术治疗时，为更清楚地了解病人情况时会有连续曝光，并采用脉冲透视，此时 2 名介入医师位于铅帘后身着铅服等个人防护用品在机房内对病人进行直接的介入手术操作。

9.1.3 工作流程

1、工作流程

- ①接诊病人后，向病人告知可能受到的辐射危害；
- ②病人准备完毕进入机房摆位、固定，然后进入机房内对病人进行局部消毒处理和局

部防护处理；

③医生和护士退出机房，技师通过控制室 DSA 的操作系统对病人进行摄影；

④进行血管造影时，医生穿着防护用品进入手术室，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，技师和护士位于控制室，特殊情况下，护士可能会在手术室内进行辅助；

⑤配合 DSA 透视推送导管，并将导管送入指定位置；

⑥完成后进行导管加压，将造影剂注入病人体内；

⑦完成造影剂注入后，医生退出机房，技师通过控制室操作台对病人进行摄影，并进行减影处理后，得到最终病人的高清血管影像资料；

⑧完成减影后，医生再次进入手术室内并配合 DSA 透视对病人病灶部位进行相应介入治疗。

⑨手术结束后，治疗完毕，手术医生应及时书写手写记录，技师应及时处理图像、刻录光盘或照片。

DSA 手术中的产物环节和工作流程详见图 9-4 所示。

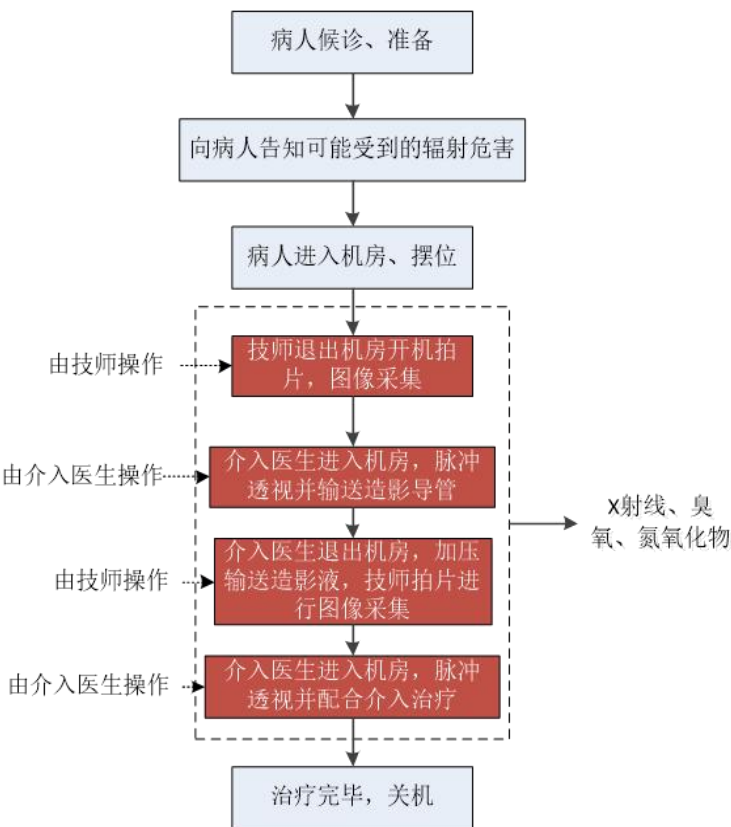


图 9-4 DSA 手术时工作流程及产污环节示意图

本项目 DSA 进行出束曝光时分为两种情况：

a) 摄影：操作人员一般采取隔室操作的方式（即操作技师在控制室内对病人进行曝光），医生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。

b) 透视：病人需进行介入手术治疗时，为更清楚地了解病人情况时会有间歇或连续曝光，并采用连续脉冲透视，此时手术医生位于射线装置配备的铅帘后面，并穿戴铅服、铅眼镜等在机房内进行同室介入手术操作。

2、人流、物流路径

本项目 OR1 复合手术室位于门诊医技综合楼 12 层南侧，机房北侧设置患者通道，设置门禁，除医护人员及预约患者外，其余人员不得入内，患者家属在家属等候区等候。

患者路线：患者乘电梯到达 12 楼，通过换床区换车后，经洁净走廊、再经受检者防护门进入手术室。

医护人员路线：医护人员经东侧专用电梯到达 12 层，经换鞋、更衣室，进行换鞋、更衣，更衣后沿洁净走廊进入手术室，影像技师进入控制室。

污物路线：手术室产生的医疗废物由专人及时收集，手术后经手术室南侧污物走廊运入污洗间，然后乘专用电梯运送至医院医疗废物暂存点，委托有资质的单位进行处理。

综上，本项目为人员进出机房与污物运出分别设置独立通道，且机房患者通道的宽度满足病人手推车辆的通行，射线装置建筑物之间的通道畅通无阻，方便治疗。

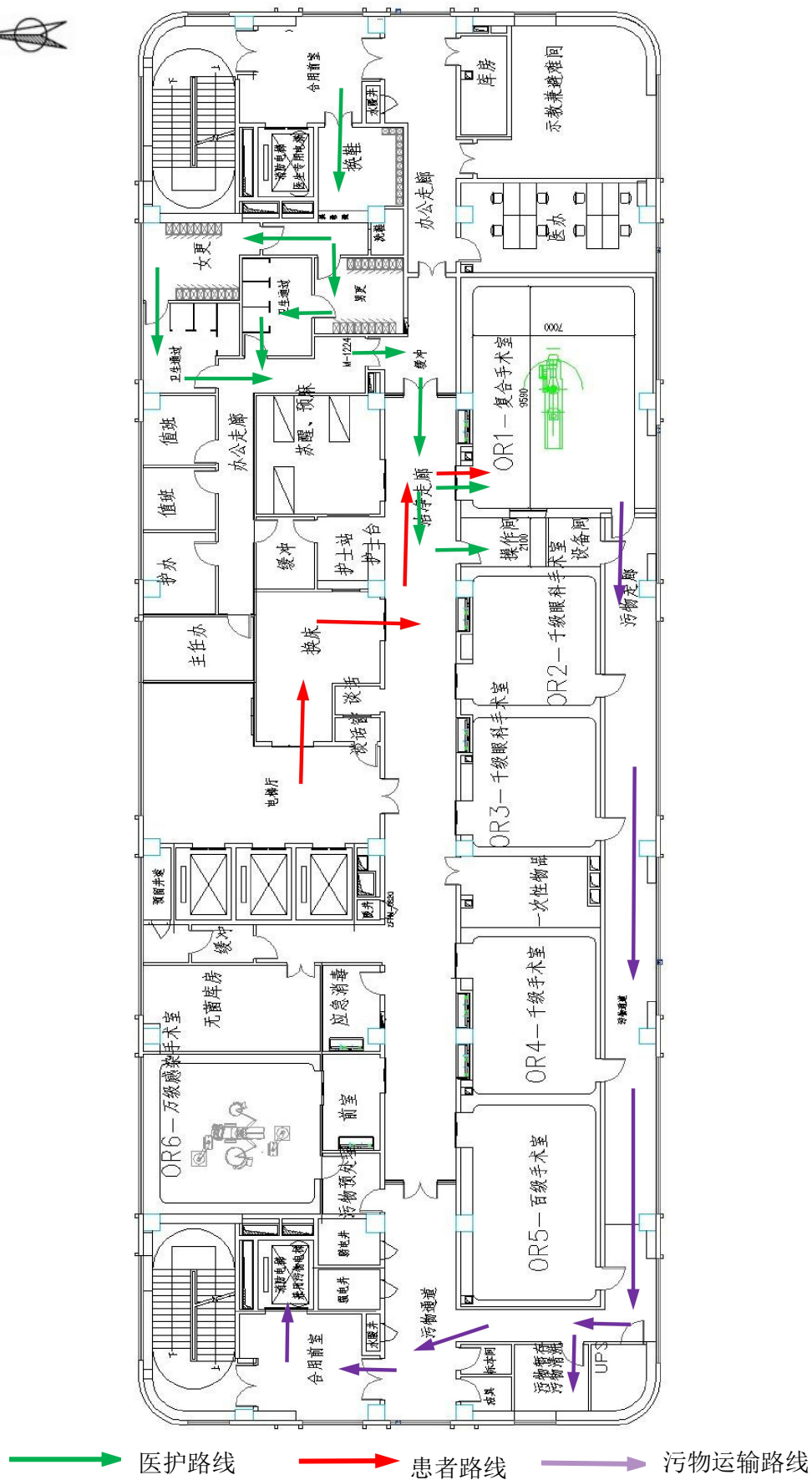


图 9-5 本项目人流路径图

9.2 污染源项描述

9.2.1 建设阶段的污染源项

本项目 OR1 复合手术室未开工建设，在建设阶段不产生辐射影响，本项目施工内容主要包括：现有场所内原隔墙等的拆除、OR1 复合手术室及辅房的土建及防护施工、装饰装修等，产生的环境影响主要是施工时产生的废气、噪声、固体废物以及废水等环境影响。施工期对环境产生的影响为暂时的、可逆的，且随着施工期结束，固废及废水在施工期间内妥善处置，施工期产生的扬尘、噪声等方面的影响将随着施工结束会自行消除。

9.2.2 运行阶段的污染源项

1、正常工况的污染途径

（1）放射性污染源分析

①X 射线

DSA 机的 X 射线球管及平板探测器分别在 C 型臂的两端，球管出束口恒定朝向平板探测器照射，出束主射线在平板探测器成像范围（照射野范围）内。在对 X 射线探测时，均要求平板探测器具有对电离辐射的高阻断能力，要求所有入射到发光材料上的 X 射线尽可能多地被吸收，当 X 射线穿过平板探测器而没被吸收，就不会产生激发，从而影响成像效果。平板探测器对 DSA 球管主射线的吸收，使得 OR1 复合手术室的屏蔽估算无需再考虑主射线，因此本项目 OR1 复合手术室各侧屏蔽体主要考虑泄漏辐射和散射辐射的影响。

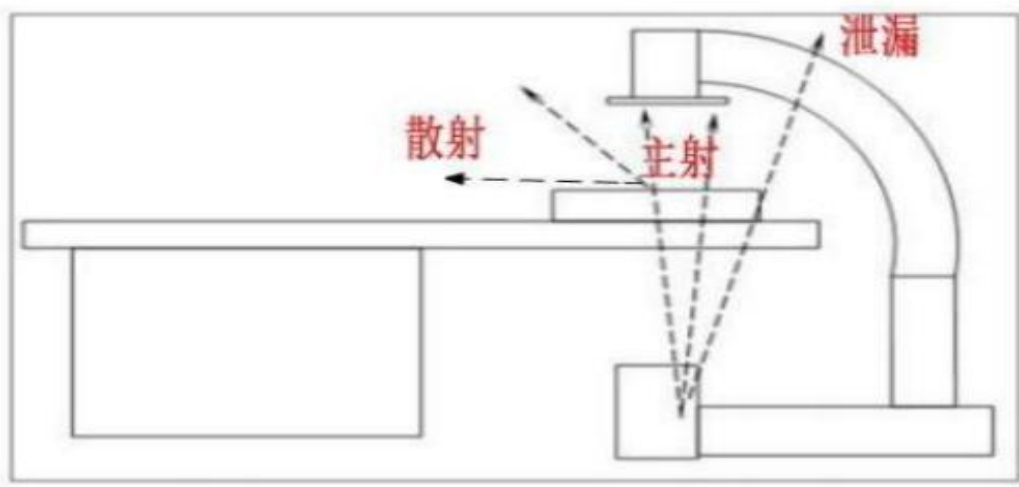


图9-3 DSA工作示意图

②放射性废物

本项目 DSA 设备运行过程中不产生放射性固体废物、放射性废水和放射性废气。

(2) 非放射性污染因素分析

①废气

DSA 设备运行产生的 X 射线照射下，空气吸收辐射能量并通过电离作用可产生臭氧 (O_3) 和氮氧化物 (NO_x)。机房内空气中产生的非放射性有害气体，主要靠机房的通风换气来控制。充足的通风和自然分解会使这些气体降低在非常低的浓度，不会对周围环境造成太大的影响。

②废水

本项目运行后，DSA 采用数字成像，无废显、定影液产生，废水主要为医护人员产生少量生活污水。

③固体废物

本项目 DSA 采用数字成像，不打印胶片。介入手术时会产生医用器具和药棉、纱布、手套等医用辅料，每台手术约产生 1kg 医疗废物，每年约进行 600 台介入手术，医疗废物年产生量为 600kg/a。工作人员产生少量的生活垃圾。

(3) 源强分析

本项目拟配备的 DSA 机最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA，根据 DSA 机的工作原理可知，X 射线是随机器的开关而产生和消失。因此，在非诊疗状态下不产生 X 射线，只有在开机处于出线状态时才会发出 X 射线。因此，在开机期间，X 射线为污染环境的主要因子。

本项目 DSA 服务范围：本项目 DSA 主要用于手术期间提供患者的透视和点片图像，每台手术 DSA 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，年预计最大手术量约为 600 台，透视模式下年最大出束时间 147.5h，摄影模式下年最大出束时间 10h。

本项目 DSA 机具有自动照射量控制调节功能 (AEC)，摄影时，如果受检者体型偏瘦，功率自动降低，照射量率减小；如果受检者体型较胖，功率自动增强，照射量率增大。为了防止球管烧毁并延长其使用寿命，实际使用时，管电压和管电流通常留有一定的量。

根据本设备的《Philips Azurion 使用说明》（版本 2.1，P277），设备 X 射线球管的最低固有滤过当量为 2.5mmAl，设备的相关滤过信息见图 9-6。

附加过滤

本节介绍了过滤对空气比释动能值的影响。

床面的最大衰减当量是 1.59 mm Al（在 75 kV/HVL 3.5 mm Al 下）。

X 射线球管组件的最低固有滤过当量（在 75 kV/HVL 3.5 mm Al 下）是 2.5 mm Al。

X 射线射束中其他材料的衰减当量（在 75 kV/HVL 3.5 mm Al 下）如下：

- X 射线球管组件盖板：75 kV 下 <0.3 mm 铝当量
- DAP 仪：75 kV 下 <0.5 mm 铝当量
- 楔形过滤器：1 mm 黄铜（CuZn37 R-019；在 75 kV/HVL 3.5 mm Al 下，22 mm 铝当量）

图 9-6 DSA 设备滤过参数信息

参考 NCRP147 号报告中调查统计分析绝大部分射线诊断工作（含介入放射学）的 X 射线摄影时管电压不高于 100kV，透视时管电压不高于 90kV，本项目进行估算时，透视工况按照 90kV、15mA，摄影工况按照 100kV、500mA。

根据《辐射防护手册》（第三分册）P58 图 3.1，可以查得摄影模式下距靶 1m 处空气中的空气比释动能为 0.090mGy/mAs，距靶 1m 处的最大剂量率 $1.62\times10^8\mu\text{Gy/h}$ ，透视模式下距靶 1m 处空气中的空气比释动能为 0.075mGy/mAs，距靶 1m 处的最大剂量率 $4.05\times10^6\mu\text{Gy/h}$ ；本项目 DSA 设备运行时出束条件及相关参数见表 9-1。

表 9-1 本项目 DSA 设备运行时出束条件及相关参数

模式	评价工况		距靶 1m 处空气中的空气比释动能	距靶 1m 处的最大剂量率
	管电压	管电流		
摄影	100kV	500mA	0.090mGy/mAs	$1.62\times10^8\mu\text{Gy/h}$
透视	90kV	15mA	0.075mGy/mAs	$4.05\times10^6\mu\text{Gy/h}$

2、在以下几种异常情况下工作人员或其他人员可能接触到意外照射：

- （1）曝光时防护门未关闭，此时防护门外人员可能受到 X 射线照射。
- （2）曝光时受检者未按要求穿戴个人防护用品，导致受检者的受检部位外的部分受到不必要的照射。
- （3）曝光过程中，因警示灯失效或其他情况下其他人员误入曝光室受到意外照射。
- （4）因设备防护性能问题可能导致受检者接受额外照射。

(5) 同室近台工作人员未按要求正确地穿戴个人防护用品, 可能导致接受额外照射。

(6) 因预置条件不当, 发生误操作事件, 可能会导致相关人员受到不必要照射。

(7) 控制系统出现故障, 照射不能停止, 病人受到计划外照射。

(8) 紧急停机系统故障无法通过紧急停机开关使运行中的射线装置停机, 造成人员误照射。

本项目射线装置在异常或事故状态下的辐射源项与正常运行时是一样的, 即中、低能 X 射线, 但在异常或事故状态下对人员的伤害可能会超过正常运行状态。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 工作场所布局

本项目 DSA 设备拟安装在 OR1 复合手术室内使用, 机房设计平面布局图详见图 10-1, 剖面图见图 10-2, 周围情况详见表 10-1。

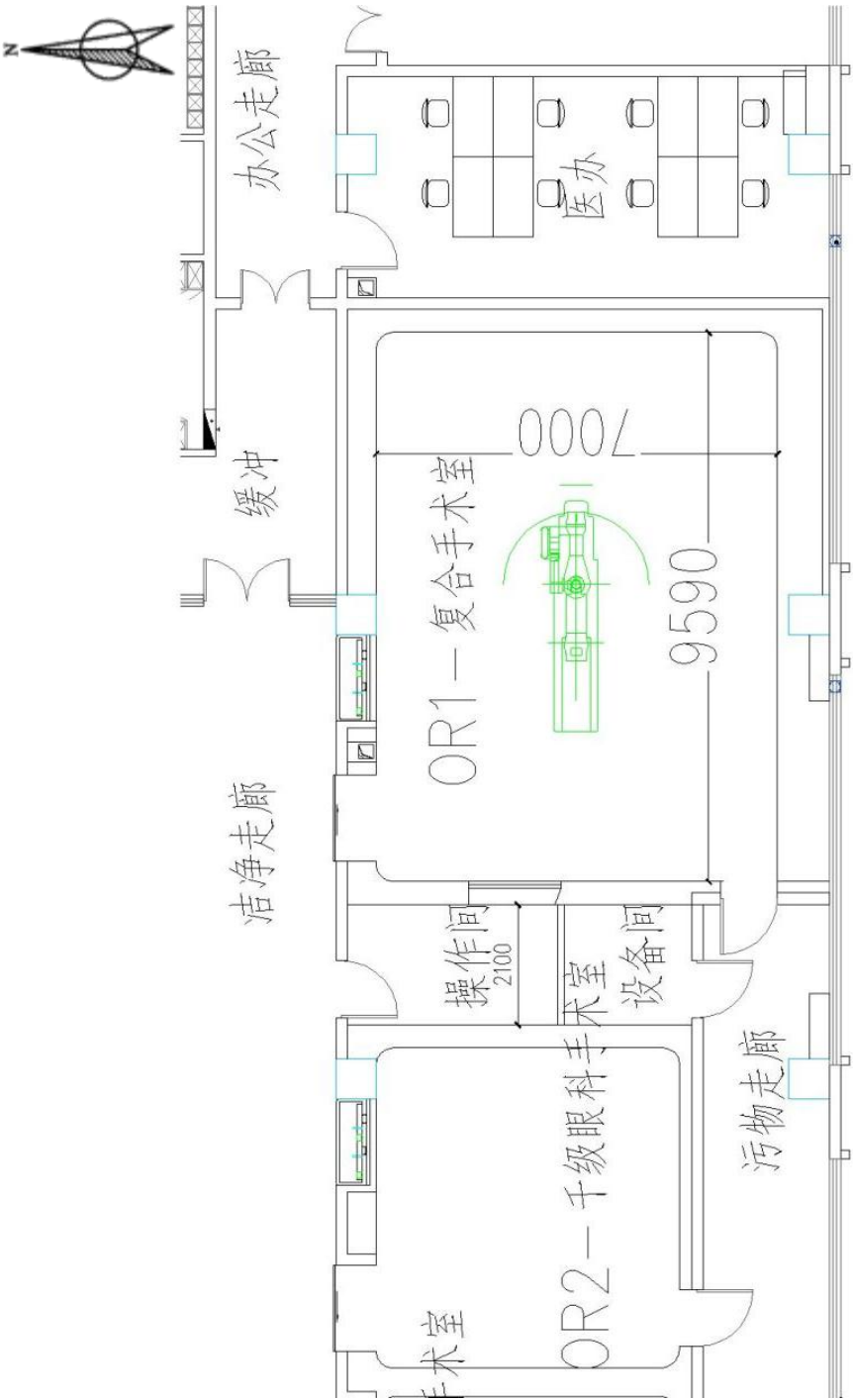


图 10-1 OR1 复合手术室设计平面布局图

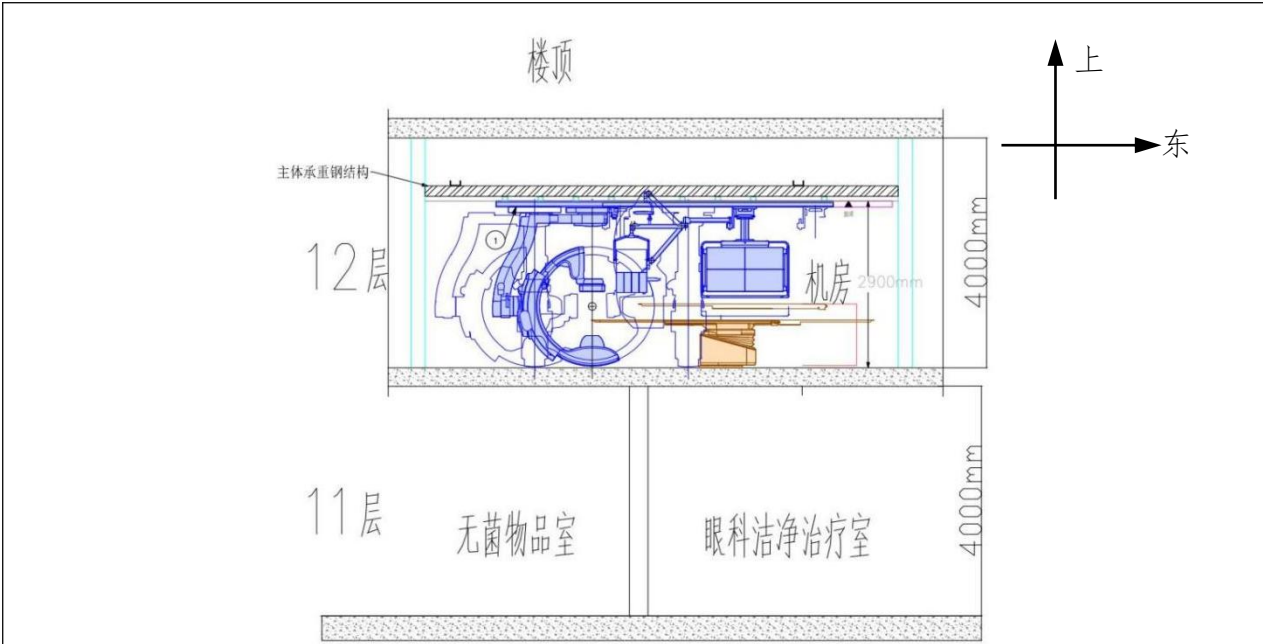


图 10-2 OR1 复合手术室剖面布局示意图

表 10-1 本项目 OR1 复合手术室周围情况表

序号	机房名称	东侧	南侧	西侧	北侧	楼上	楼下
1	OR1 复合手术室	医生办公室	临空	操作间、设备间、污物走廊	洁净走廊、缓冲区	无建筑	无菌物品室、清洗消毒室、眼科洁净治疗室、污物通道

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中对 X 射线设备机房布局的要求，结合本项目的情况，本项目布局评价见表 10-2。

表 10-2 本项目放射诊疗工作场所布局评价表

序号	标准要求	本项目设计情况	评价
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	本项目拟建 OR1 复合手术室的门、窗和管线口位置设置合理，DSA 有用线束主要朝上进行照射，未直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位。	设计可行
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。	本项目拟建 OR1 复合手术室充分考虑邻室及周围场所的人员防护与安全，无妇产科、儿科等敏感人员。	设计可行
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。	本项目 DSA 为固定式设备，安装于 OR1 复合手术室内，设备设有单独机房，并且满足设备使用的布局要求。	设计可行

4	机房应设有观察窗或摄像监控装置，其设置的位置应便于观察到受检者状态及防护门开闭情况。			本项目拟建 OR1 复合手术室设有观察窗，设置的位置便于观察到受检者状态及受检者防护门、污物防护门开闭情况；DSA 设备拟按照东西方向安装，机头在东侧。		设计可行
5	机房名称	最小单边长度要求	最小使用面积要求	设计最小单边长度	设计最小使用面积	设计可行
	OR1 复合手术室	3.5m	20m ²	7.0m	67.13m ²	

本项目 OR1 复合手术室拟建在门诊医技综合楼 12 层，使用地点固定，手术室自成一区，所处位置相对独立，避开了人群相对集中的区域，有利于防止其他部门人流、物流的干扰，有利于创造和保持其环境质量，降低感染风险。手术室内设置了换鞋区和更衣区等卫生通过区域，功能流程合理，洁污流线分明；同时，在对病人进行诊疗时，人员通道和污物通道独立设置，有利于病人流通，患者通道的宽度满足病人手推车辆的通行，射线装置与建筑物之间的通道畅通无阻，方便治疗。OR1 复合手术室拟采取有效的屏蔽措施，产生的 X 射线经屏蔽后对周围环境辐射影响是可接受的。从辐射安全的角度考虑，本项目辐射工作场所产生的电离辐射经屏蔽后，对周围辐射环境影响是可接受的，综上所述，本项目拟建机房平面布置合理。

10.1.2 工作场所分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的要求，在辐射工作场所内划出控制区和监督区，在项目运营期间采取分区管理措施。

控制区：在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散，以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求或可能要求专门防护手段和安全措施的限定区域。

监督区：通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

根据两区划分原则，本项目中对辐射工作场所施行分区管理，分区设计情况详见表 10-3 所示，分区示意图见图 10-3。

表 10-3 工作场所分区设计表

序号	场所	控制区	监督区
1	OR1 复合手术室	OR1 复合手术室内	毗邻机房的控制室、设备间、洁净走廊（部分区域）、缓冲区、污物走廊（部分区域）、医生办公室

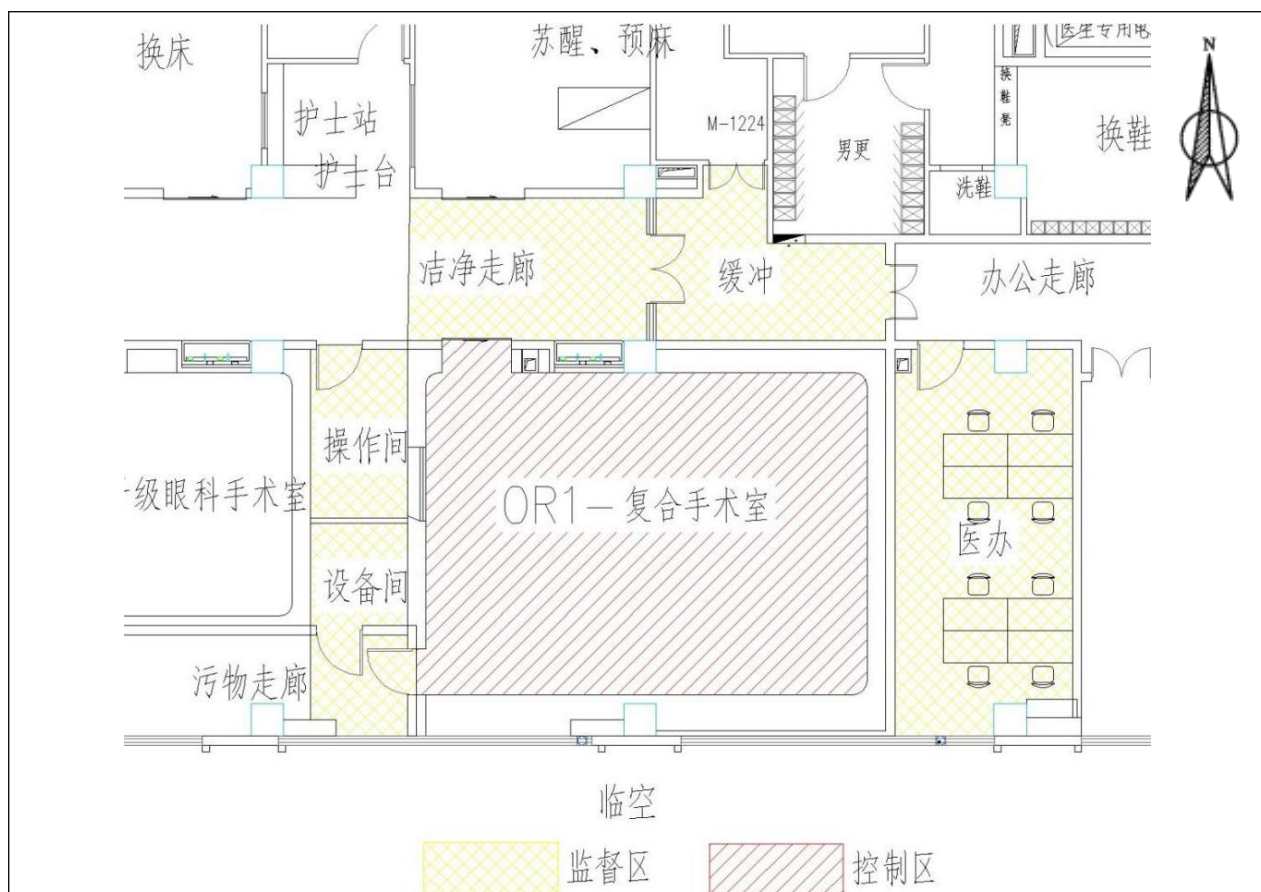


图 10-3 机房分区示意图

(1) 关于控制区的防护手段与安全措施，建设单位应做到：

- ①控制区进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志，如图 10-4；
- ②指定职业防护与安全管理措施，包括适用于控制区的规则和程序；
- ③运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可制度）和实体屏障（包括门锁）限制进出控制区；

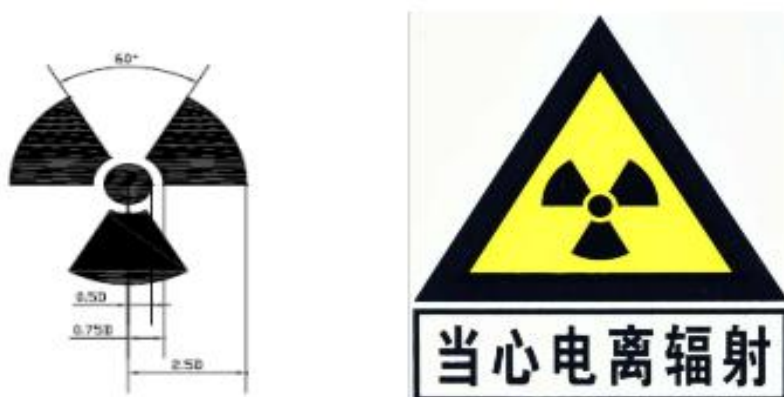


图 10-4 电离辐射警告标志

④定期审查控制区的实际状况，以确保是否有必要改变该区的防护手段、安全措施或该区的边界。

（2）监督区防护手段与安全措施

①采用适当的手段划出监督区的边界；

②在监督区的入口处的适当地点设立表明监督区的标牌；

③定期检查该区的条件，以确定是否需要采取防护措施和做出安全规定，或是否需要更改监督区的边界。

10.1.3 辐射防护措施

本项目 OR1 复合手术室设计的屏蔽参数见表 10-4。

表 10-4 本项目拟建 OR1 复合手术室辐射屏蔽设计方案

机房名称	防护部位	建设单位设计情况
OR1 复合手术室	东侧	24cm 红砖+4cm 硫酸钡涂料
	南侧	24cm 红砖+4cm 硫酸钡涂料
	西侧	24cm 红砖+4cm 硫酸钡涂料
	北侧	24cm 红砖+4cm 硫酸钡涂料
	室顶	220mm 厚钢筋混凝土楼板+3cm 厚硫酸钡涂料
	地面	220mm 厚钢筋混凝土楼板+3cm 厚硫酸钡涂料
	观察窗	4mmPb 铅玻璃
	受检者防护门 (与工作人员共用)	4mmPb 电动推拉铅防护门
	污物防护门	4mmPb 手动平开铅防护门

①对给定的铅厚度，可根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中附录 C 的式 C.1（本报告式 10-1）计算得到屏蔽透射因子 B：

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

式中：

B：给定铅厚度的屏蔽投射因子；

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在相同透射因子B的情况下, 其相当于其他屏蔽材质的厚度核算按以下公式核算:

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

式中:

X——不同屏蔽物质的铅当量厚度;

B——给定铅厚度的屏蔽透射因子;

α 、 β 、 γ ——不同屏蔽材质对不同管电压X射线辐射衰减的有关的拟合参数

③根据DSA工作原理及工作方式可知, DSA的主束方向由下朝上照射, 故顶棚考虑有用线束的影响, 四面墙体考虑90°非有用线束的影响。本项目DSA最大电压为125kV, 查《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)表C.2混凝土拟合参数, 对墙体进行核算。

④核算结果

根据医院提供的屏蔽防护设计方案及设备参数, 其机房屏蔽体的铅当量核算结果见表10-5。

表 10-5 OR1 复合手术室屏蔽核算厚度与 GBZ 130-2020 要求对比表

机房名称	防护部位	建设单位设计情况	折合铅当量	标准要求	评价
OR1 复合手术室	东侧	24cm 红砖+4cm 硫酸钡水泥	4.3mmPb	$\geq 2.0\text{mmPb}$	符合标准
	北侧	24cm 红砖+4cm 硫酸钡水泥	4.3mmPb	$\geq 2.0\text{mmPb}$	符合标准
	西侧	24cm 红砖+4cm 硫酸钡水泥	4.3mmPb	$\geq 2.0\text{mmPb}$	符合标准
	南侧	24cm 红砖+4cm 硫酸钡水泥	4.3mmPb	$\geq 2.0\text{mmPb}$	符合标准
	室顶	220mm 厚钢筋混凝土楼板 +3cm 厚硫酸钡水泥	4.5mmPb	$\geq 2.0\text{mmPb}$	符合标准
	地面	220mm 厚钢筋混凝土楼板 +3cm 厚硫酸钡水泥	4.5mmPb	$\geq 2.0\text{mmPb}$	符合标准
	观察窗	4mmPb 铅玻璃	4.0mmPb	$\geq 2.0\text{mmPb}$	符合标准
	受检者防护门	4mmPb 电动推拉铅防护门	4.0mmPb	$\geq 2.0\text{mmPb}$	符合标准

	(工作人员共用)				
	污物走廊防护门	4mmPb 手动平开铅防护门	4.0mmPb	≥2.0mmPb	符合标准
拟合参数	125kV 有用线束	铅	α : 2.219	β : 7.923	γ : 0.5386
		混凝土	α : 0.03502	β : 0.07113	γ : 0.6974
	125kV 非有用线束	铅	α : 2.233	β : 7.888	γ : 0.7295
		混凝土	α : 0.003510	β : 0.06600	γ : 0.7832

注：1.根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）附录 C 中表 C.5-7 中数据可知，125kV（有用射束）条件下，220mm 厚混凝土约折合铅当量 3.0mmPb；40mm 硫酸钡水泥的铅当量折合铅当量 2.0mmPb，30mm 硫酸钡水泥的铅当量折合铅当量 1.5mmPb。

2.铅密度不小于 11.34t/m³，混凝土的密度不小于 2.35t/m³，硫酸钡水泥密度不小于 3.2t/m³。

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）6.2 可知，标准中规定了 X 射线装置机房的屏蔽防护应不低于标准中表 3 的要求，即本项目 OR1 复合手术室屏蔽能力不得低于 2.0mmPb。根据上表核算和对比分析，本项目 OR1 复合手术室墙体的屏蔽能力均能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中第 6.2 条的要求。

10.1.4 辐射安全和防护措施

（1）设备固有安全防护设施

本项目 DSA 装置自身拟采取多种固有安全防护措施：

①本项目 DSA 设有可调限束装置，使装置发射的线束照射面积尽量减小，以减少泄漏辐射。透视曝光开关为常断式开关，并配备透视限时装置。DSA 具备工作人员在不变换操作位置情况下成功切换透视和采集功能的控制键。

②采用光谱过滤技术：在 X 射线管头或平板探测器的窗口处设置合适铝过滤板，以此消除软 X 射线以及减少二次散射，优化有用 X 射线谱。设备提供适应 DSA 不同应用时可以选择的各种形状与规格的准直器隔板和铝过滤板。平板探测器前面可酌情配置各种规格的滤线栅，减少散射影响。

③采用脉冲透视技术：在透视图像数字化基础上实现脉冲透视，改善图像清晰度；并能明显地减少透视剂量。

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

⑤配备辅助防护设施：设备采购时配备辅助防护设施，包括铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏，铅当量为 0.5mmPb。

⑥应急开关：DSA 设备操作台及治疗床上设置了急停开关，按下急停按钮，DSA 设备立即停止出束。

（2）观察及对讲装置

OR1 复合手术室与控制室操作台之间安装了 4mmPb 铅玻璃观察窗，便于医护人员观察患者和受检者状态及防护门开闭情况；OR1 复合手术室与控制室之间设置双向对讲装置，便于医护人员与患者交流。

（3）闭门、防夹装置

本项目 OR1 复合手术室设置 2 扇防护门，受检者防护门设计为电动推拉式门，设置红外防夹装置；污物门为手动平开式铅防护门，拟安装自动闭门装置和执手锁。

（4）警示标识

本项目 OR1 复合手术室受检者防护门、污物防护门外醒目位置设置电离辐射警告标志；并在受检者防护门和污物防护门上方安装醒目的工作状态指示灯，灯箱上设置“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句，提醒周围人员尽量远离该区域，同时在家属等候区设置放射防护告知事项。

（5）联锁系统

本项目 OR1 复合手术室拟在受检者防护铅门和污物防护门外上方设置醒目的工作状态指示灯，工作状态指示灯与机房门有效关联，在防护门关闭时，指示灯亮，警示无关人员远离该区域，防护门打开时，警示灯灭。

（6）穿墙管线进出口防护

OR1 复合手术室穿墙管线室内部分以地沟形式在地坪以下布设，电缆沟宽 300mm，深 200mm，上面覆盖钢板，穿过墙体后采用斜穿方式进入机房，上面覆盖 2mm 铅板做补充防护，不影响墙体的屏蔽防护效果。

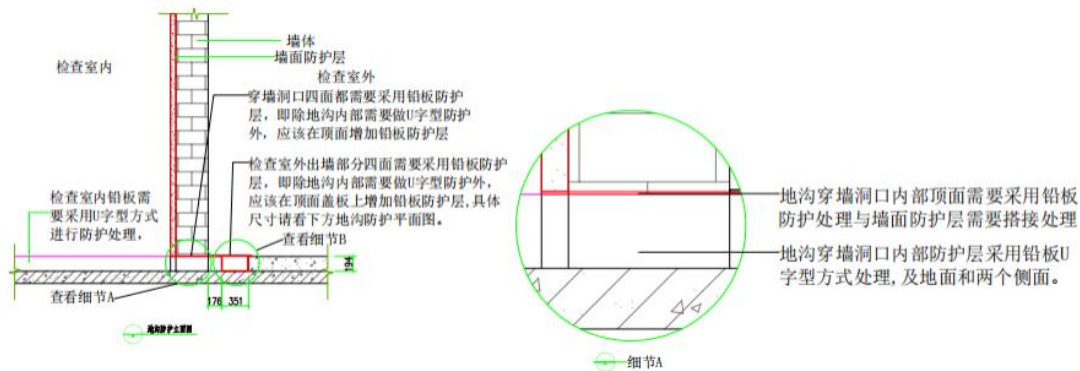


图 10-5 OR1 复合手术室电缆穿墙示意图

采取上述措施后，机房管线穿墙方案对机房墙体屏蔽防护能力削弱甚微，但在施工中应保证施工质量，并在今后的运行中长期监测关注穿墙管线等薄弱处的辐射剂量。

(7) 通风

本项目手术室及辅区采用新风系统，新风由走廊大楼新风干管引入，机房内设计排风管道，机房排风管道与辅区排风管道经东侧排风井排至大楼顶部，顶部排风口设置铅防护补偿，机房内排风量为 $1200\text{m}^3/\text{h}$ ，机房内换气可达 6 次/h，机房内可以保持良好的通风。

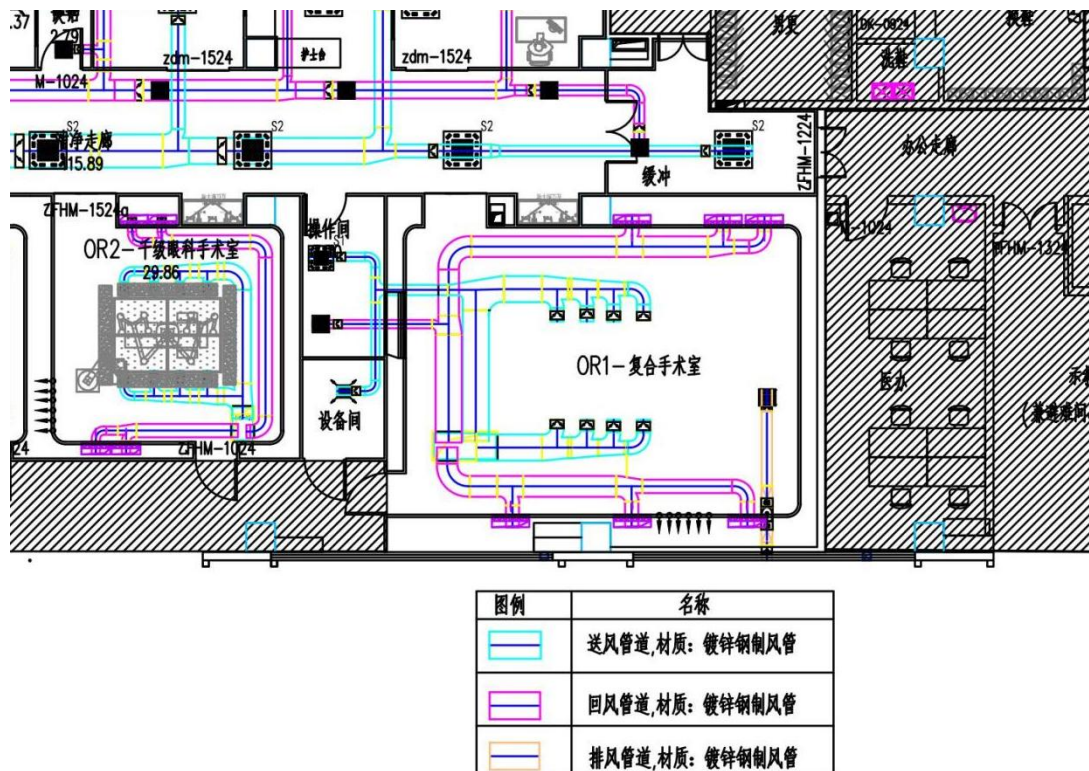


图 10-6 拟建 OR1 复合手术室送风、回风、排风示意图

10.1.5 个人防护用品及辅助防护设施

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020），本项目应按照表 10-6 配备防护用品和辅助防护设施。

表 10-6 本项目防护用品及辅助防护设施配备一览表

人员	GBZ 130-2020 标准要求		数量	铅当量
工作人员	个人防护用品	铅橡胶围裙	10 件	$\geq 0.5\text{mmPb}$
		铅橡胶颈套	10 件	$\geq 0.5\text{mmPb}$
		铅防护眼镜	10 件	$\geq 0.5\text{mmPb}$
		介入防护手套	至少 5 副	$\geq 0.025\text{mmPb}$
		铅橡胶帽子	10 件	$\geq 0.5\text{mmPb}$
	辅助防护设施	铅悬挂防护屏/铅防护吊帘	设备自带	$\geq 0.5\text{mmPb}$
		床侧防护帘/床侧防护屏	设备自带	$\geq 0.5\text{mmPb}$
受检者	个人防护用品	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾	至少 1 件	$\geq 0.5\text{mmPb}$
		铅橡胶颈套	至少 1 件	$\geq 0.5\text{mmPb}$

注：1.防护用品应向专业厂家购买，标签上应注明生产厂家、规格型号、衰减当量、生产日期等信息；

2.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；

3.考虑到防护用品在洁净手术室使用，应定期消毒，降低感染风险。

10.1.6 辐射工作人员管理

（1）个人剂量监测：建设单位为每位辐射工作人员配备了个人剂量计，手术医生、护士共 12 人，每人 2 枚（铅衣内和铅衣外各 1 枚），操作技师 1 人，配备 1 枚，合计共 25 枚，在工作期间必须佩戴。建设单位委托中卫市疾病预防控制中心对个人剂量计进行检测，检测结果存入个人剂量监测档案。

（2）人员培训：在本项目竣工验收前，建设单位应组织相关工作人员接受辐射安全与防护培训，通过辐射安全与防护考核，取得相应的培训合格证书，持证上岗。

（3）监测设备：本项目计划新配备 1 台辐射巡测仪，定期对辐射场所周围环境进行监测，并定期对检测仪器进行检定和校准。

10.1.7 达到使用年限去功能化

本项目涉及的射线装置到达使用年限或者不再使用时，应对射线装置进行去功能化，确保其不再产生 X 射线。

10.2 环保措施及其投资估算

本项目总投资 1500 万元，环保投资 140 万元，占总投资的 9.3%，环保设施（措施）及其投资估算一览表见表 10-7。

表 10-7 本项目环保投资一览表

项目	项目	数量	投资金额 (万元)
屏蔽防护设施	四周墙体使用 24cm 红砖附加 4cm 厚硫酸钡水泥，地板、室顶使用 22cm 厚混凝土附加 4cm 厚硫酸钡水泥，手术室防护门使用铅防护，观察窗使用铅玻璃	/	60
消防设施	应急照明、消防设施（火灾自动报警、灭火装置）	/	10
辐射安全设施	电离辐射警告标志、工作状态指示灯、监控及对讲装置、防夹装置、闭门装置等	/	2
通风设施	机房内的通风系统	/	35
防护用品和辅助防护用品	医护人员的个人防护用品、患者防护用品	至少 10 套	11
	铅悬挂防护屏、床侧防护帘	各 1 套	设备自带
监测设备	便携式辐射监测仪器	1 台	2
	个人剂量计（手术医生、护士共 12 人，每人 2 枚，技师 1 人，配备 1 枚）	25	利旧
环境影响评价	委托编制环境影响评价报告、环境保护竣工验收报告等	/	20
合计			140

10.2 三废治理

①废气

本项目 OR1 复合手术室设置层流净化机组进行通风，产生的臭氧及氮氧化物通过排风口引至室外排放，排风管出口处设置防雨百叶口和防虫网。

②废水

本项目运行后，废水主要为辐射工作人员和患者产生的生活污水。生活污水依托医院污水管网，排入市政管网，进入城市污水处理厂进一步处理。

③固体废物

放射性固废：本项目 DSA 不产生放射性固废。

非放射性固废：本项目固体废物主要为辐射工作人员和患者产生的生活垃圾，以及介入手术过程中的医疗废物，生活垃圾每天由保洁人员收集至垃圾收集点，然后由环卫部门定期清运，医疗废物交有资质的单位处理。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目为新建项目，施工主要为墙体拆除、建筑装饰、设备安装等，施工期可能的污染因子主要有：施工噪声、施工废水、施工固体废弃物和施工扬尘。

1.声环境影响分析

该评价项目施工期的噪声主要来自场地土建施工、相关设施的安装调试等阶段，施工应合理安排施工时间，选用低噪声设备作业，可降低本项目施工时对周围的影响。该评价项目的建设工程，影响期短暂，对周围环境影响小，随施工结束而消除。

2.大气环境影响分析

施工过程中产生的扬尘，主要是 OR1 复合手术室及配套功能用房装修过程中产生的扬尘，产生量少，均在室内封闭施工，主要通过封闭施工措施来进行控制。

3.水环境影响分析

本项目 OR1 复合手术室和配套功能用房建设工程量较少，施工期短，产生少量的工具清洗废水，沉淀后用于洒水抑尘；施工人员所产生少量的生活污水依托医院现有废水处理设施处理，最终排入市政管网，不会对周围水环境产生不良影响。

4.固体废物影响分析

①建筑垃圾

建筑垃圾主要来自手术室及配套功能用房装修期间，产生量很少，由施工方统一清运至指定的建筑垃圾堆放场后处理。

②生活垃圾

本项目施工量少，施工期短，故生活垃圾产生量很少。生活垃圾经医院生活垃圾收集后由环卫部门统一清运。

本项目施工期的环境影响随着施工期的结束而消失。建设单位应严格按照有关规定采取措施进行污染防治，并加强监管，降低本项目施工对周围环境的影响。

11.2 运行阶段对环境的影响

本项目采用理论公算进行分析评价，根据 NCRP 147 号出版物 4.1.6 节指出，DSA 屏蔽估算时不需要考虑主束照射，故本项目重点考虑泄漏辐射和散射辐射。手术过程中，X 射线球管有用线束直接照射病人身体，不会直接照射医生操作位/机房墙壁、顶板、防

护门及铅玻璃窗，故各预测点仅受到病人体表散射辐射和泄漏辐射影响。

11.2.1 辐射源强

根据本报告 9.2 章节，本项目进行估算时，透视工况按照 90kV、15mA，摄影工况按照 100kV、500mA。

根据《辐射防护手册》（第三分册）P58 图 3.1，可以查得摄影模式下距靶 1m 处空气中的空气比释动能为 0.090mGy/mAs，距靶 1m 处的最大剂量率 $1.62 \times 10^8 \mu\text{Gy/h}$ ，透视模式下距靶 1m 处空气中的空气比释动能为 0.075mGy/mAs，距靶 1m 处的最大剂量率 $4.05 \times 10^6 \mu\text{Gy/h}$ 。

表 11-1 本项目 DSA 设备运行时选取出束条件及相关参数

模式	评价工况		距靶 1m 处空气中的空气比释动能	距靶 1m 处的最大剂量率
	管电压	管电流		
摄影	100kV	500mA	0.090mGy/mAs	$1.62 \times 10^8 \mu\text{Gy/h}$
透视	90kV	15mA	0.075mGy/mAs	$4.05 \times 10^6 \mu\text{Gy/h}$

11.2.2 工作状态

手术过程中，2 名手术医生和 2 名护士在手术室内，1 名技师在控制室内操作。需要透视时，第一术者位医生穿戴 0.5mmPb 个人防护用品，并使用 0.5mmPb 的辐射防护设施（床测防护帘和铅防护吊屏），第二术者位医生穿戴 0.5mmPb 个人防护用品。透视状态下手术位的辐射剂量估算时，第一术者位按 1mmPb 计算，第二术者位按 0.5mmPb 计算。

摄影模式下，医护人员均离开机房，不在手术室驻留，技师在控制室内对患者进行图像采集，故不对摄影状态下手术位的辐射剂量率进行估算。

11.2.3 手术室关注点的选取

本项目关注点的选取：分别选取控制室操作位、四周防护墙、防护门和观察窗外 30cm 处及楼上 1m 处、楼下 1.7m 处、东侧粮食北楼小区住宅作为本项目的关注点。对于同室近台操作人员，由于人员所处位置不固定，防护水平及距射线源距离均有所不同，评价选取第一术者位（距离受检部位 0.5m）、第二术者位（距离受检部位 1m）作为手术室内关注区域。

本项目涉及的手术室关注点所在位置详见图 11-1、图 11-2，关注点位见表 11-2。

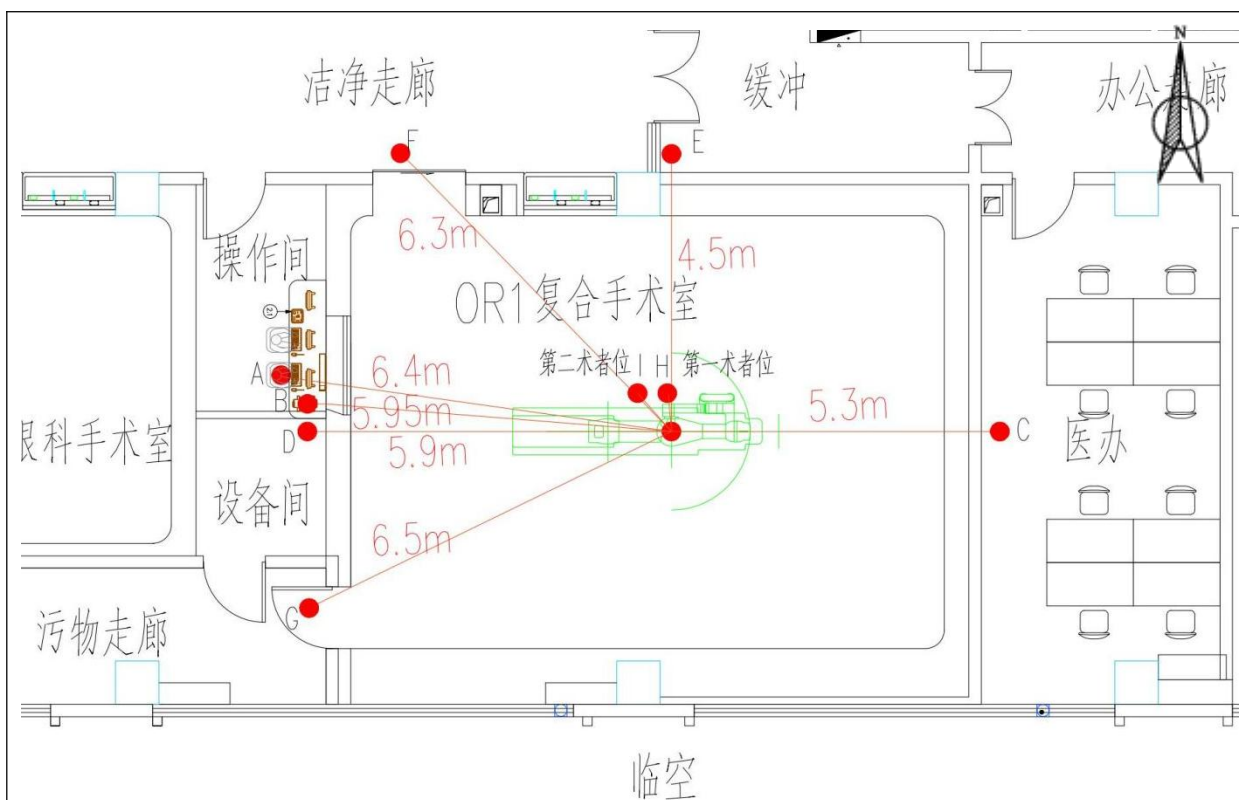


图11-1 OR1复合手术室关注点平面分布图

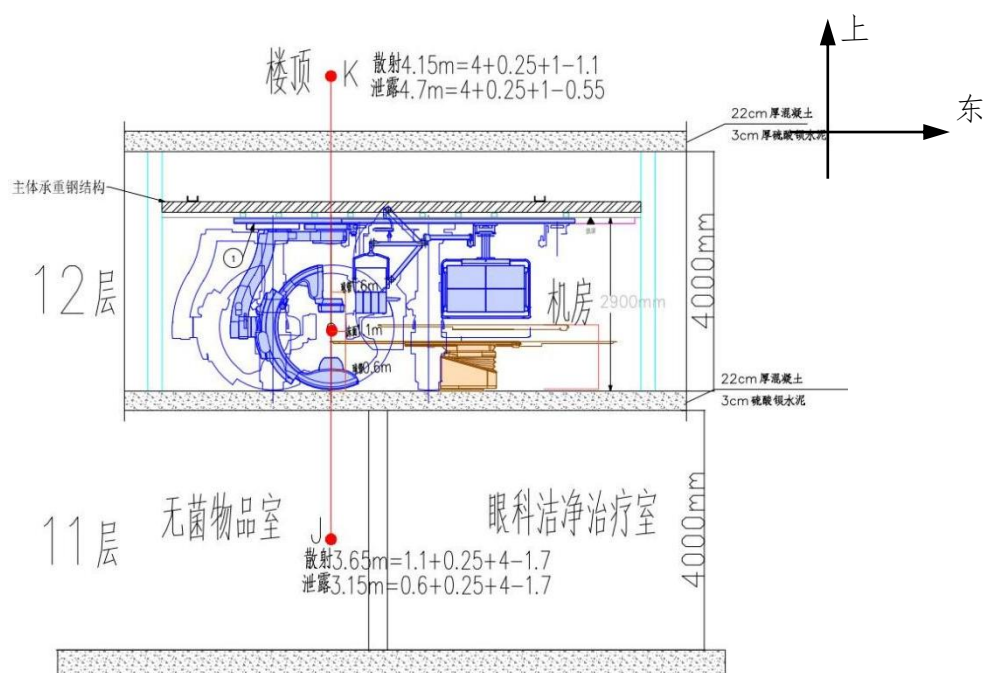


图11-2 OR1复合手术室关注点剖面分布图

注：本项目选取粮食北楼小区住宅（距离OR1复合手术室水平距离约25m）作为关注点，点位为L点，与本项目之间防护材料仅考虑OR1复合手术室东墙的屏蔽材料，不考虑其余建筑材料的屏蔽。

表 11-2 选取关注点至源点距离

序号	关注点位置描述	点位	关注点至源点距离 (m)	源与预测点之间防 护铅当量 (mmPb)
1	工作人员操作位处	A 点	6.4	4.3
2	观察窗外 30cm 处	B 点	5.95	4.3
3	东墙外 30cm 处	C 点	5.3	4.3
4	西墙外 30cm 处	D 点	5.9	4.3
5	北墙外 30cm 处	E 点	4.5	4.3
6	受检者防护门 30cm 处	F 点	6.3	4.0
7	污物门外 30cm 处	G 点	6.5	4.0
8	楼下距地面 1.7m 处	J 点	散射: 3.65 泄漏: 3.15	4.5
9	楼上 1m 处	K 点	散射: 4.15 泄漏: 4.7	4.5
10	住院楼	L 点	25	4.3

11.2.3 DSA 运行阶段对环境的辐射影响

1、散射辐射影响分析

对于病人体表的散射 X 射线可以用反照率法估计。反照率法根据李德平、潘自强主编《辐射防护手册》（第一分册—辐射源与屏蔽）中公式（10.8）、（10.9）、（10.10）公式演化而来：

$$H_s = \frac{H_0 \cdot \alpha \cdot B \cdot (s/400)}{(d_0 \cdot d_s)^2} \quad (\text{式 11-1})$$

式中：

H_s ：关注点处的散射剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

H_0 ：距靶 1m 处的剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；根据《辐射防护手册》（第三分册），摄影模式下取距靶 1m 处的最大剂量率 $1.62 \times 10^8 \mu\text{Gy/h}$ ，透视模式下取距靶 1m 处距靶 1m 处的最大剂量率 $4.05 \times 10^6 \mu\text{Gy/h}$ ；

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

s ：散射面积，取 100cm^2 ；

d_0 : 源与病人的距离, 取 0.5m;

d_s : 病人与关注点的距离, m;

B : 屏蔽透射因子, 按照《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020) 附录 C 中公式和参数计算, 公式计算如下式

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

式中:

B : 给定铅厚度的屏蔽投射因子;

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。

表 11-3 铅在不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的三个拟合参数

管电压	参数		
	α	β	γ
100kV (散束)	2.507	15.33	0.9124
90kV	3.067	18.83	0.7726

散射辐射各关注点屏蔽透射因子计算结果列表见表 11-3。

表11-4 DSA所致散射辐射各关注点屏蔽透射因子计算结果

工作模式	关注点位置描述	点位	防护厚度 (mmPb)	α	β	γ	B
DSA 摄影	工作人员操作位处	A 点	4.3	2.507	15.33	0.9124	2.42E-06
	观察窗外 30cm 处	B 点	4.3				2.42E-06
	东墙外 30cm 处	C 点	4.3				2.42E-06
	西墙外 30cm 处	D 点	4.3				2.42E-06
	北墙外 30cm 处	E 点	4.3				2.42E-06
	受检者防护门 30cm 处	F 点	4.0				5.14E-06
	污物门外 30cm 处	G 点	4.0				5.14E-06
	楼下距地面 1.7m 处	J 点	4.5				1.14E-06
	楼上 1m 处	K 点	4.5				1.14E-06

	粮食北楼小区住宅	L 点	4.3				2.42E-06
DSA 透视	工作人员操作位处	A 点	4.3	3.067	18.83	0.7726	1.47E-07
	观察窗外 30cm 处	B 点	4.3				1.47E-07
	东墙外 30cm 处	C 点	4.3				1.47E-07
	西墙外 30cm 处	D 点	4.3				1.47E-07
	北墙外 30cm 处	E 点	4.3				1.47E-07
	受检者防护门 30cm 处	F 点	4.0				3.69E-07
	污物门外 30cm 处	G 点	4.0				3.69E-07
	楼下距地面 1.7m 处	J 点	4.5				5.86E-08
	楼上 1m 处	K 点	4.5				5.86E-08
	粮食北楼小区住宅	L 点	4.3				1.47E-07

各关注点位散射辐射剂量计算参数及结果见下表 11-4。

表11-4 DSA所致各关注点位散射辐射剂量率计算结果

工作 模式	关注点位置描述	点位	d_s (m)	H_0 ($\mu\text{Gy/h}$)	α	s (cm^2)	d_0 (m)	B	H_1 ($\mu\text{Gy/h}$)
DSA 摄影	工作人员操作位处	A 点	6.4	1.62×10^8	0.0013	100	0.6	2.42E-06	1.25E-02
	观察窗外 30cm 处	B 点	5.95					2.42E-06	1.44E-02
	东墙外 30cm 处	C 点	5.3					2.42E-06	1.82E-02
	西墙外 30cm 处	D 点	5.9					2.42E-06	1.47E-02
	北墙外 30cm 处	E 点	4.5					2.42E-06	2.52E-02
	受检者防护门 30cm 处	F 点	6.3					5.14E-06	2.73E-02
	污物门外 30cm 处	G 点	6.5					5.14E-06	2.56E-02
	楼下距地面 1.7m 处	J 点	3.65					1.14E-06	1.81E-02
	楼上 1m 处	K 点	4.15					1.14E-06	1.40E-02
	粮食北楼小区住宅	L 点	25					2.42E-06	8.16E-04
DSA 透视	工作人员操作位处	A 点	6.4	4.05×10^6	0.0013	100	0.6	7.93E-06	1.89E-05
	观察窗外 30cm 处	B 点	5.95					7.93E-06	2.19E-05
	东墙外 30cm 处	C 点	5.3					7.93E-06	2.76E-05
	西墙外 30cm 处	D 点	5.9					7.93E-06	2.22E-05
	北墙外 30cm 处	E 点	4.5					7.93E-06	3.82E-05
	受检者防护门 30cm 处	F 点	6.3					7.93E-06	4.90E-05

	污物门外 30cm 处	G 点	6.5					7.93E-06	4.60E-05
	楼下距地面 1.7m 处	J 点	3.65					1.26E-06	3.15E-05
	楼上 1m 处	K 点	4.15					7.93E-06	2.43E-05
	粮食北楼小区住宅	L 点	25					4.08E-03	1.24E-06

2、泄漏辐射影响分析

泄漏辐射剂量率按初级辐射束的0.1%计算，利用点源辐射进行计算，各关注点的泄漏辐射剂量率可用下式（11-3）进行计算。

$$H = \frac{H_0 \cdot f \cdot B}{R^2} \quad (\text{式 11-3})$$

式中：

H：关注点在屏蔽体外关注点的泄漏辐射剂量率，μGy/h；

H_0 ：距靶 1m 处的剂量率，μGy/h；

f：泄漏射线比率，0.1%；

R：靶点距关注点的距离，m；

B：屏蔽透射因子，按照式（11-2）计算。

DSA 所致泄漏辐射各关注点屏蔽透射因子计算结果列表见表 11-5。

表11-5 DSA所致泄漏辐射各关注点屏蔽透射因子计算结果

工作模式	关注点位置描述	点位	屏蔽铅当量 (mmPb)	α	β	γ	B_2
DSA 摄影	工作人员操作位处	A 点	4.3	2.507	15.33	0.9124	2.42E-06
	观察窗外 30cm 处	B 点	4.3				2.42E-06
	东墙外 30cm 处	C 点	4.3				2.42E-06
	西墙外 30cm 处	D 点	4.3				2.42E-06
	北墙外 30cm 处	E 点	4.3				2.42E-06
	受检者防护门 30cm 处	F 点	4.0				5.14E-06
	污物门外 30cm 处	G 点	4.0				5.14E-06
	楼下距地面 1.7m 处	J 点	4.6				1.14E-06
	楼上 1m 处	K 点	4.6				1.14E-06
	粮食北楼小区住宅	L 点	4.3				2.42E-06
DSA	工作人员操作位处	A 点	4.3	3.067	18.83	0.7726	1.47E-07

透视	观察窗外 30cm 处	B 点	4.3				1.47E-07
	东墙外 30cm 处	C 点	4.3				1.47E-07
	西墙外 30cm 处	D 点	4.3				1.47E-07
	北墙外 30cm 处	E 点	4.3				1.47E-07
	受检者防护门 30cm 处	F 点	4.0				3.69E-07
	污物门外 30cm 处	G 点	4.0				3.69E-07
	楼下距地面 1.7m 处	J 点	4.6				5.86E-08
	楼上 1m 处	K 点	4.6				5.86E-08
	粮食北楼小区住宅	L 点	4.3				1.47E-07

各关注点位泄漏辐射剂量计算参数及结果见表 11-6。

表11-6 DSA所致各关注点位泄漏辐射剂量计算参数

工作模式	关注点位置描述	点位	R (m)	H ₀ (μGy/h)	f	B	H ₂
							μGy/h
DSA 摄影	工作人员操作位处	A 点	6.4	1.62×10 ⁸	0.001	2.42E-06	9.58E-03
	观察窗外 30cm 处	B 点	5.95			2.42E-06	1.11E-02
	东墙外 30cm 处	C 点	5.3			2.42E-06	1.40E-02
	西墙外 30cm 处	D 点	5.9			2.42E-06	1.13E-02
	北墙外 30cm 处	E 点	4.5			2.42E-06	1.94E-02
	受检者防护门 30cm 处	F 点	6.3			5.14E-06	2.10E-02
	污物门外 30cm 处	G 点	6.5			5.14E-06	1.97E-02
	楼下距地面 1.7m 处	J 点	3.15			1.14E-06	2.40E-02
	楼上 1m 处	K 点	4.7			1.14E-06	1.08E-02
	粮食北楼小区住宅	L 点	25			2.42E-06	6.28E-04
DSA 透视	工作人员操作位处	A 点	6.4	4.05×10 ⁶	0.001	1.47E-07	1.45E-05
	观察窗外 30cm 处	B 点	5.95			1.47E-07	1.68E-05
	东墙外 30cm 处	C 点	5.3			1.47E-07	2.12E-05
	西墙外 30cm 处	D 点	5.9			1.47E-07	1.71E-05
	北墙外 30cm 处	E 点	4.5			1.47E-07	2.94E-05
	受检者防护门 30cm 处	F 点	6.3			3.69E-07	3.77E-05
	污物门外 30cm 处	G 点	6.5			3.69E-07	3.54E-05
	楼下距地面 1.7m 处	J 点	3.65			5.86E-08	3.25E-05

	楼上 1m 处	K 点	4.15			5.86E-08	1.46E-05
	粮食北楼小区住宅	L 点	25			1.47E-07	9.53E-07

根据表 11-5、11-6 的计算结果，将各个关注点的总的附加剂量率统计于表 11-7。

表 11-7 DSA 两种工作模式下各关注点的总剂量率计算结果

工作模式	关注点位置描述	点位	散射辐射剂量率 μGy/h	泄漏辐射剂量率 μGy/h	总剂量率 μGy/h
DSA 摄影	工作人员操作位处	A 点	1.25E-02	9.58E-03	2.21E-02
	观察窗外 30cm 处	B 点	1.44E-02	1.11E-02	2.55E-02
	东墙外 30cm 处	C 点	1.82E-02	1.40E-02	3.22E-02
	西墙外 30cm 处	D 点	1.47E-02	1.13E-02	2.60E-02
	北墙外 30cm 处	E 点	2.52E-02	1.94E-02	4.46E-02
	受检者防护门 30cm 处	F 点	2.73E-02	2.10E-02	4.83E-02
	污物门外 30cm 处	G 点	2.56E-02	1.97E-02	4.53E-02
	楼下距地面 1.7m 处	J 点	1.67E-02	1.28E-02	2.95E-02
	楼上 1m 处	K 点	1.43E-02	1.10E-02	2.53E-02
	粮食北楼小区住宅	L 点	8.16E-04	6.28E-04	1.44E-03
DSA 透视	工作人员操作位处	A 点	1.89E-05	1.45E-05	3.34E-05
	观察窗外 30cm 处	B 点	2.19E-05	1.68E-05	3.87E-05
	东墙外 30cm 处	C 点	2.76E-05	2.12E-05	4.88E-05
	西墙外 30cm 处	D 点	2.22E-05	1.71E-05	3.93E-05
	北墙外 30cm 处	E 点	3.82E-05	2.94E-05	6.76E-05
	受检者防护门 30cm 处	F 点	4.90E-05	3.77E-05	8.67E-05
	污物门外 30cm 处	G 点	4.60E-05	3.54E-05	8.14E-05
	楼下距地面 1.7m 处	J 点	2.14E-05	1.64E-05	3.78E-05
	楼上 1m 处	K 点	1.84E-05	1.41E-05	3.25E-05
	粮食北楼小区住宅	L 点	1.24E-06	9.53E-07	2.19E-06

由表 11-7 计算结果可知，正常运行情况下，DSA 摄影模式下手术室外关注点处的周围剂量当量率最大为 4.83E-02μGy/h，DSA 透视模式下手术室外关注点处的周围剂量当量率最大为 8.67E-05μGy/h，能够满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)中规定的周围剂量当量率不大于 2.5μSv/h 的标准限值。

3、年附加有效剂量估算

$$H_{\text{Er}}=D_{\text{r}}*t*K*T*10^{-3} \quad (\text{式 11-4})$$

式中：

H_{Er} ：外照射年有效剂量，单位：mSv；

D_r ：X 辐射瞬时剂量率，单位：μGy/h；

t ：辐射照射时间，单位：h；

K ：空气比释动能对有效剂量的换算系数，Sv/Gy，综合考虑，该值取 1。

居留因子参考《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）附录，详见表 11-8。

表 11-8 不同场所的居留因子

场所	居留因子		不同场所的居留因子取值
	典型值	范围	
全居留	1	1	1：控制室（A 点、B 点）；东侧医生办公室（C 点）；OR1 复合手术室内（H 点、I 点）
部分居留	1/4	1/2~1/5	1/4：OR1 复合手术室北侧洁净走廊（E 点）、受检者防护门外（F 点）；OR1 复合手术室楼下无菌物品室、清洗消毒室、眼科洁净治疗室、污物通道（J 点）；粮食北楼小区住宅（L 点）
偶然居留	1/16	1/8~1/40	1/8：OR1 复合手术室西侧污物防护门（G 点）； 1/16：OR1 复合手术室西墙外设备间（D 点）； 1/40：OR1 复合手术室楼上（K 点）；

1、本项目职业人员年有效剂量理论估算

本项目 DSA 透视时手术医生在近台同时操作时，在术者位受到照射，护士可能因为某些手术需要，在手术室内停留，技师在控制室内。DSA 摄影模式下，医护人员不在手术室内停留，技师在控制室内观察。

本项目在进行介入手术时，通常有 2 名医生和 2 名护士在机房内对患者进行手术，1 名技师在控制室进行操作。根据医院提供信息，本项目 DSA 设备预计年手术量为 600 台，护士最多参与约 300 台手术，透视模式下需要在机房内停留时两名护士轮流在机房内，居留因子取 1/2，介入医生每年最多参与约 300 台手术。

根据《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》（WS76-2020）中 4.7.2 近台同室操作的非直接荧光屏透视 X 射线设备透视防护区检测平面上周围剂量当量率应 ≤ 400 μSv/h，本报告保守取 400 μSv/h 对介入机房内工作人员受照剂量进行估算。

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）附录：对于给定的铅厚度，依据 NCRP147 报告中给出的不同管电压 X 射线在铅中衰减的 α 、 β 、 γ 拟合值，计算可知 0.5mm

厚的铅衣的辐射透射因子B为 7.37×10^{-2} ，本项目每组透视出束时间最多约90h/a，摄影出束时间最多约5.0h/a。

透视工况下操作人员的受照最大周围剂量当量率为：

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

该项目 DSA 设备运行曝光时间估算对年附加有效剂量计算结果详见表 11-9。

表 11-9 本项目职业人员附加年有效剂量理论估算结果

岗位	工作模式	辐射剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)	年受照时间 (h)	居留因子	受照剂量 (mSv)	年有效剂量 (mSv/a)	剂量约束值 (mSv/a)
心内科医生	透视	29.48	90	1	2.65	2.65	5.0
	摄影	2.60E-02	5.0	1	1.3E-04		
血管外科医生	透视	29.48	32.5	1	0.96	0.96	5.0
	摄影	2.60E-02	2.5	1	6.5E-05		
神经内科医生	透视	29.48	25	1	0.74	0.74	5.0
	摄影	2.60E-02	2.5	1	6.5E-05		
技师	透视	3.34E-05	147.5	1	4.9E-06	2.55E-04	5.0
	摄影	2.55E-02	10.0	1	2.55E-04		
护士	透视	29.48	90	1/2	1.33	1.33	5.0
	摄影	2.60E-02	5.0	1/2	1.3E-04		

根据表 11-9，本项目正常运行时，医生的年有效剂量最大为 2.65mSv，护士年有效剂量最大为 1.33mSv，技师的年有效剂量最大为 2.55E-04mSv。综上，本项目职业人员的年有效剂量估算结果均符合本报告提出的剂量约束值的要求（职业人员剂量约束值 $\leq 5\text{mSv/a}$ ）。

2、公众年有效剂量理论估算

表 11-10 本项目公众人员年附加有效剂量估算结果

关注点位置描述	点位	工作模式	附加剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)	年受照时间 (h)	T	年有效剂量 (mSv/a)	年累计剂量 (mSv/a)
东墙外 30cm 处	C 点	透视	4.88E-05	147.5	1	7.20E-06	3.29E-04
		摄影	3.22E-02	10		3.22E-04	
西墙外 30cm 处	D 点	透视	3.93E-05	147.5	1/16	3.62E-07	1.66E-05
		摄影	2.60E-02	10		1.63E-05	
北墙外 30cm 处	E 点	透视	6.76E-05	147.5	1/4	2.49E-06	1.14E-04

		摄影	4.46E-02	10		1.12E-04	
受检者防护门外 30cm 处	F 点	透视	8.67E-05	147.5	1/4	3.20E-06	1.24E-04
		摄影	4.83E-02	10		1.21E-04	
污物防护门外 30cm 处	G 点	透视	8.14E-05	147.5	1/8	1.50E-06	5.81E-05
		摄影	4.53E-02	10		5.66E-05	
楼下距地面 1.7m 处	J 点	透视	3.78E-05	147.5	1/4	1.39E-06	7.52E-05
		摄影	2.95E-02	10		7.38E-05	
楼上距地面 1m 处	K 点	透视	3.25E-05	147.5	1/40	1.20E-07	6.45E-06
		摄影	2.53E-02	10		6.33E-06	
粮食北楼小区住宅	L 点	透视	2.19E-06	147.5	1/4	8.08E-08	3.68E-06
		摄影	1.44E-03	10		3.60E-06	

根据表 11-10，本项目 DSA 正常运行时，OR1 复合手术室周围公众人员年有效剂量估算结果最大为 3.29E-04mSv，低于本报告提出的公众人员年有效剂量约束值的要求（公众人员剂量约束值 $\leq 0.1\text{mSv/a}$ ）。

11.3 其他环境影响分析

11.3.1 废气环境影响分析

X 射线与空气作用可以使气体分子或原子电离、激发，产生臭氧和氮氧化物。臭氧和氮氧化物是一种对人体健康有害的气体，消除有害气体对 OR1 复合手术室的影响关键在于加强室内通风。本项目 OR1 复合手术室设计有排风系统，能满足 OR1 复合手术室通风换气需要。

本项目 OR1 复合手术室采用新风系统进行通风换气，风量 1200m³/h，机房有效容积 194.68m³（有效使用面积 67.13m²×高 2.9m），机房换气次数约为 6 次/h，手术室内产生的臭氧和氮氧化物从顶部排风口沿管道排出，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。”的标准要求。项目运行后，工作场所室内产生的少量臭氧和氮氧化物通过排风装置和外界空气对流，对人员和周围环境影响较小。

11.3.2 废水环境影响

本项目不使用显影液和定影液，因此本项目无洗片废水、废定（显）影液产生。故不产生含重金属的医疗废水，工作人员办公及生活产生少量生活污水，依托医院现有污

水处理设施。

11.3.3 固体废物影响分析

本项目射线装置采用计算机图像存储管理系统，电脑成像，激光打印，无洗片过程，打印出来的诊断图片由病人带走。本项目不涉及洗片，不会产生废弃 X 光片，设备维修更换的废旧 X 射线管，由设备厂家回收处置。

本项目介入手术产生少量的纱布、针管、损伤废物、输液器等医疗废物，集中收集暂存于危废暂存间内，委托有资质的单位进行处置。工作人员产生的生活垃圾和办公垃圾医院进行统一集中回收并交由环卫部门统一处理。

11.4 事故影响分析

11.4.1 辐射事故分级

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

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

（二）重大辐射事故，是指 I 类、II 类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 2 人以下（含 2 人）急性死亡或者 10 人以上（含 10 人）急性重度放射病、局部器官残疾；

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

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

11.4.2 可能发生的辐射事故

本项目在以下几种异常情况下工作人员或其他人员可能接触到意外照射：

（1）曝光时防护门未关闭，此时防护门外人员可能受到 X 射线照射。

（2）曝光时受检者未按要求穿戴个人防护用品，导致受检者的受检部位外的部分受到不必要的照射。

（3）曝光过程中，因警示灯失效或其他情况下其他人员误入曝光室受到意外照射。

- (4) 因设备防护性能问题可能导致受检者接受额外照射。
- (5) 同室近台工作人员未按要求正确地穿戴个人防护用品，可能导致接受额外照射。
- (6) 因预置条件不当，发生误操作事件，可能会导致相关人员受到不必要照射。
- (7) 控制系统出现故障，照射不能停止，病人受到计划外照射。
- (8) 紧急停机系统故障无法通过紧急停机开关使运行中的射线装置停机，造成人员误照射。

根据前述内容，透视工况按照 90kV、15mA，摄影工况按照 100kV、500mA 进行估算，摄影模式下距靶 1m 处空气中的空气比释动能率为 1.62×10⁸μGy/h，透视模式下距靶 1m 处空气中的空气比释动能率为 4.05×10⁶μGy/h。

假设有人员误入或操作异常等事故情况下，相关人员在上述事故条件下受照剂量估算结果见表 11-13。

表 11-11 不同意外出束情况下受照剂量分析

类型	距球管 1m 处剂量率（μGy/h）	每秒在距球管 3m 处受到的剂量（mSv/h）	公众剂量限值（mSv）	达到剂量限值需要的时间（min）
DSA 意外透视	4.05×10 ⁶	0.856	1	70.0
DSA 意外摄影	1.62×10 ⁸	34.3	1	1.75

根据上表，在人员误入或操作异常等事故情况下，在距球管 3m 处，DSA 透视出束 70.0min、摄影出束 1.75min，则可导致公众人员超过剂量限值，引起一般辐射事故。

11.4.3 辐射事故预防措施

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

①安全和防护：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测或检查，核实各项管理制度的执行情况，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生。

②操作规程：凡涉及医用射线装置进行操作，必须有明确的操作规程，张贴在操作人员可看到的显眼位置。在放射诊疗操作时，操作人员严格按照操作规程进行操作，并做好个人的防护。

③维修保养：定期检查门灯关联装置，确保正常运行；每月对使用射线装置的安全装置进行维护、保养，对可能引起操作失灵的关键零配件需及时更换。

④人员管理：加强工作人员的管理，射线装置开机前，必须确保无关人员全部撤离后才可开启；加强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。

⑤两区管理：加强控制区和监督区管理，在射线装置运行期间，加强对监督区管理，限制公众在监督区长期滞留。

⑥调试维修：调试和维修必须解除安全联锁时，需经负责人同意并通知有关人员。调试结束后，应及时恢复安全联锁并确认系统正常。调试和维修时，应保证切断辐射源。检修人员准备进入机房时，必须佩戴个人剂量计。

⑦停机检查：检查系统发生故障而紧急停机后，在未查明原因和维修结束前，不得重新启动辐射源。

⑧警示标志：机房门外明显处应设置电离辐射警示标志，并安装醒目的工作状态指示灯。

⑨持证上岗：操作人员需持证上岗，确保岗位责任制度的落实，严肃查处违规作业。

⑩运行记录：每日做好设备运行记录，认真填写设备维护记录表。任何人对设备部件进行更换、升级等操作时，都必须上报主管领导，得到回复后方可进行。操作后详细填写故障处理联络单。

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

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

12.1.1 辐射安全管理领导小组成员及职责

根据《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》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等规定，医疗机构应当配备专（兼）职的辐射安全管理人员或成立辐射防护领导小组，负责医用辐射安全防护。放射防护管理机构的主要职责为：

- （一）组织制定并落实辐射安全防护管理制度；
- （二）定期组织对辐射工作场所、设备和人员进行放射防护检测、监测和检查；
- （三）组织本机构辐射工作人员接受专业技术、辐射防护知识及有关规定的培训和健康检查；
- （四）制定放射事件应急预案并组织演练。

本项目建设单位辐射防护管理制度未进行及时修订，项目建成后应按以上要求及院方人员变动等情况进一步完善“中卫市沙坡头区人民医院辐射安全与防护管理领导小组”，并严格落实各项规章制度。

12.1.2 辐射工作人员

本项目运行后，本项目辐射工作人员须在辐射防护培训平台考核合格后，方能上岗。同时按照国家相关规定进行个人剂量监测和职业健康检查，建立个人剂量档案和职业健康监护档案，并为工作人员保存职业照射记录。

12.2 辐射安全管理规章制度

（1）制定辐射安全管理规定

本项目 DSA 依法取得生态环境部门相关批复手续后方可正式投入运行。在进行日常使用过程中应严格按照监管部门要求进行辐射安全管理。

制定严格射线装置操作规程，操作人员必须按操作规程进行操作，并做好个人防护。

（2）制定《辐射安全和防护设施维护维修制度》

医院将定期对辐射安全和防护设施进行检查、维护，发现问题应及时维修，并做好

记录，由辐射安全管理负责人组织对本单位所有辐射防护安全工作定期进行自查，发现问题及时整改。

(3) 应制定监测方案及监测仪表使用与校验管理制度

医院将定期对辐射工作场所进行监测，列出监测计划，对日常巡测的辐射监测仪器进行定期校验。

(4) 制定辐射工作人员培训/再培训管理制度

单位定期组织内部辐射安全培训，积极参加辐射安全与防护培训平台考核，取得辐射安全培训合格证，确保持证上岗。

(5) 制定辐射工作人员个人剂量管理制度

所有从事手术操作的工作人员应进行个人剂量监测，并建立个人剂量档案。个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。个人剂量档案应当终生保存。在进行个人剂量监测的同时定期进行体检，建立健康档案，健康档案应终生保存。

(6) 制定辐射事故/事件应急预案

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，医院已制定防范和处置辐射事故应急预案；发生辐射事故后应当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。医院应按照《中华人民共和国环境保护法》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等规定修订已经建立的一系列基本的辐射防护管理制度。

12.3 辐射监测

12.3.1 个人剂量监测

建设单位已根据《放射工作人员个人剂量监测管理制度》，安排本单位的辐射工作人员接受个人剂量监测，已委托中卫市疾病预防控制中心进行个人剂量监测，并建立个人剂量档案，在每年的辐射安全和防护状况评估报告中，包含放射工作人员个人剂量监测数据及辐射安全评估等内容。

12.3.2 工作场所辐射环境监测

建设单位拟新配置 1 台 X- γ 辐射剂量率监测仪，定期对放射工作场所进行自主监测，并按照如下要求对工作场所的 X 射线周围剂量当量率进行监测。

①年度监测

委托有资质的单位对辐射工作场所的剂量进行监测，监测周期为 1 次/年；年度检测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。

②日常自行监测：定期自行开展辐射监测，制定各工作场所的定期监测制度，监测数据应存档备案，监测周期至少 1 次/月，若发现剂量明显变化或控制室内工作人员剂量异常时应查找并分析原因。

③监测内容和要求

A、监测内容：X 射线周围剂量当量率。

B、监测布点及数据管理：监测布点应参考环评提出的监测计划（表 12-1）或验收监测布点方案。监测数据应记录完善，并将数据实时汇总，建立好监测数据台账以便核查。

表 12-1 辐射工作场所监测计划建议

监测对象	监测内容	监测点位	监测类别	监测方式	监测周期
OR1 复合手术室	工作场所周围剂量当量率	1、距四面墙体、门、窗外 30cm 及其他人员可能到达处 2、OR1 复合手术室楼下距地面 170cm 处	验收检测	委托监测	竣工验收
			年度监测	委托监测	1 次/年
			常规监测	自主监测	1 次/月
	透视防护区周围剂量当量率	近台同室操作时，第一术者位和第二术者位的足部、下肢、腹部、胸部和头部	验收检测	委托监测	竣工验收
			年度监测	委托监测	1 次/年

C、监测范围：控制区和监督区域及周围环境

D、监测质量保证

a、制定监测仪表使用、校验管理制度，并利用监测部门的监测数据与本单位监测仪器的监测数据进行比对，建立监测仪器比对档案；也可到有资质的单位对监测仪器进行校核；

b、采用的国家颁布的标准方法或推荐方法，其中自我监测可参照有资质的监测机构出具的监测报告中的方法；

c、制定辐射环境监测管理制度和方案。

此外，建设单位需定期和不定期对辐射工作场所进行监测，随时掌握辐射工作场所

剂量变化情况，发现问题及时维护、整改。做好监测数据的审核，制定相应的报送程序，监测数据及报送情况存档备查。监测布点图见图 12-1，点位描述见表 12-2。



图 12-1 OR1 复合手术室自主监测点位布置图

表 12-2 本项目监测布点方案

机房名称	序号	点位描述	评价标准 ($\mu\text{Sv/h}$)
OR1 复合手术室	1#	控制室操作位处	≤ 2.5
	2#	观察窗外 30cm 处	≤ 2.5
	3#	受检者防护门外 30cm 处	≤ 2.5
	4#	污物防护门外 30cm 处	≤ 2.5
	5#	机房东墙外 30cm 处	≤ 2.5
	6#	机房西墙外 30cm 处	≤ 2.5
	7#	机房北外 30cm 处	≤ 2.5
	8#	机房上方距地面 100cm 处	≤ 2.5
	9#~12#	机房下方距地面 170cm 处 (无菌物品室、清洗消毒室、眼科洁净治疗室、污物通道)	≤ 2.5

12.4 辐射事故应急

为了加强对射线装置的安全管理，保障公共健康，保护环境，中卫市沙坡头区人民医院应根据本项目实际情况及医院已开展放射诊疗情况成立辐射事故应急处理领导小

组，组织、辐射事故的应急处理救援工作。应急预案应规定辐射事故应急处理机构与职责、辐射事故应急救援原则、辐射事故应急处理程序及措施等，做到内容较全，措施得当，便于操作，在应对放射性事件和突发事件时切实可行，操作性强。

一旦发生辐射事故，立即启动辐射事故应急预案，采取必要应急措施，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，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。

12.5 辐射工作人员的管理

（1）培训

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部第 18 号令）第三章人员安全和防护，使用Ⅱ类射线装置的单位，其辐射工作人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核；考核不合格的，不得上岗。

根据生态环境部《关于做好 2020 年核技术利用辐射安全与防护培训和考核工作有关事项的通知》（环办辐射函〔2019〕853 号），本项目建成之前，医院应及时组织新增辐射工作人员与原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员到生态环境部培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）报名并参加考核，考核合格方可上岗。

医院应尽快督促并组织新增相关人员及培训已到期人员参加辐射安全与防护培训并承诺保证所有辐射工作人员经过辐射与防护培训合格后方可上岗。

（2）职业健康检查

按照《放射工作人员职业健康管理辦法》要求，辐射工作人员在上岗前、在岗期间和离岗后都要进行健康检查，而且在岗期间要每两年进行一次健康体检。参照《放射工作人员职业健康管理辦法》确定是否适合从事放射性工作，有效保护辐射工作人员的身心健康。

建设单位已根据相关法律法规及标准要求组织该项目辐射工作人员进行职业健康检查，并建立健康档案。

12.6 项目竣工环境保护验收管理

本项目应在建成后及时进行竣工验收，根据《建设项目环境保护管理条例》，本项目竣工后，建设单位应按照国务院环境保护行政主管部门规定的标准和程序，按照《建设项目竣工环境保护验收暂行管理办法》对本项目配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，验收报告应当如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，不得弄虚作假。验收合格后，方可投入生产或使用。本工程竣工环境保护验收的内容见表 12-3。

表 12-3 本项目竣工环境保护验收一览表

序号	项目	设施（措施）	验收要求
1	辐射屏蔽措施	观察窗、防护门、实体墙等	防护措施按照设计要求实施，辐射防护屏蔽能力满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中的相关要求。
2	人员管理 人员管理	辐射安全与防护培训考核	操作人员接受安全防护教育和培训。定期参加相关辐射防护知识培训学习，取得合格后方可上岗
		个人剂量监测	应按要求进行个人剂量监测并建立档案
		职业健康检查	辐射工作人员按要求进行职业健康体检并建立档案
3	管理制度	辐射防护管理制度	根据污染防治措施要求，修改完善医院相关规章制度，满足《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》以及《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等中的相应防护标准的要求
4	辐射安全防护措施	安全措施	应在手术室门及场所外设立电离辐射警告标志，并设醒目的工作状态指示灯；门灯关联的有效性；急停开关布置的合理性
5	防护用品、监测仪器	个人剂量计	配备与工作人员数量匹配的个人剂量计，DSA 手术医生和护士每人 2 枚、操作技师每人 1 枚，共计 25 枚
		防护用品和辅助防护设施	应参照表 10-6 为辐射工作人员和受检者配备铅防护用品
6	分区管理	工作场所划分为监督区和控制区	严格按照控制区和监督区相关要求进行管理，严格医生和病人的分流
7	监测实施	个人剂量监测	工作人员受到的年附加有效受照剂量应低于管理限值 5mSv 的要求
		工作场所监测	机房外周围剂量当量率应不大于《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中规定的 2.5μSv/h 的要求

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 辐射实践的正当性

中卫市沙坡头区人民医院拟增加的 DSA 设备主要用于介入治疗，目的在于提升医院的医疗水平，更好地开展放射诊疗工作，救治病人，其产生的社会利益远大于辐射所造成的损害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践正当性”的要求。

13.1.2 产业政策的符合性

根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目属于鼓励类第十三项“医药”中第 4 条“高端医疗器械创新发展：高性能医学影像设备”，是国家鼓励类产业，符合国家现行产业政策。

13.1.3 选址的合理性

本项目 DSA 核技术利用项目位于医院内部，项目 50m 评价范围内无居民区、学校、具有代表性的各种类型的自然生态系统区域，珍稀、濒危的野生动植物自然分布区域，重要的水源涵养区域以及人文遗迹、古树名木等环境敏感目标，无环境制约因素，选址合理可行。

13.1.4 辐射环境质量现状

监测显示，项目拟建 OR1 复合手术室及周围室内的环境 γ 辐射剂量为 $0.090\pm0.002\mu\text{Gy/h} \sim 0.096\pm0.004\mu\text{Gy/h}$ ，道路的周围环境 γ 辐射剂量率在 $0.048\pm0.003\mu\text{Gy/h} \sim 0.086\pm0.003\mu\text{Gy/h}$ 。根据《全国环境天然贯穿辐射水平调查研究（1983-1990）》，宁夏地区的室内 γ 辐射剂量率水平为 62.3-137.8nGy/h，道路 γ 辐射剂量率 34.7-104.1nGy/h，分析可知，本项目拟建 OR1 复合手术室及周围环境辐射水平在当地环境本底水平范围内。

13.1.5 辐射防护措施有效性

根据建设单位提供的防护设计资料，经分析，OR1 复合手术室的辐射防护设计方案和辐射安全措施能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中的相关要求。

13.1.6 辐射环境影响分析

经分析，本项目 DSA 设备正常运行后，对职业人员和公众人员所造成的最大年附加有效剂量均低于本项目规定的剂量约束值（职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众人员年有效剂量不超过 0.1mSv），且均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。

13.1.7 可行性结论

综上所述，建设单位在落实本报告提出的各项污染防治措施和辐射环境管理制度后，具备从事相应的辐射工作技术能力，对工作人员、公众人员和周围环境的辐射影响就可以控制在国家允许的标准范围之内。因此，从辐射安全和环境保护的角度论证，本项目建设是可行的。

13.2 承诺及建议

13.2.1 建议

（1）认真落实环评提出的管理措施和辐射防护措施要求，更新完善、补充辐射管理制度，加强和落实放射防护责任制，明确责任和分工，安全责任落实到人。

（2）接受生态环境等主管部门的管理、监督及指导；取得环评报告批复后，应及时向省生态环境厅申请重新办理《辐射安全许可证》。

（3）认真落实环评提出的管理措施和辐射防护措施要求，更新完善、补充辐射管理制度。加强和落实放射防护责任制，明确责任和分工，逐级强化责任，安全责任落实到人。

（4）加强辐射安全教育培训，提高职业工作人员对辐射防护的理解和执行辐射防护措施自觉性，杜绝辐射事故的发生。

13.2.2 承诺

为保护环境，保障人员健康，中卫市沙坡头区人民医院承诺：

（1）及时完善规章制度并保证各种规章制度和操作规程的有效执行，在项目建设和运行过程中，加强内部监督管理，不违规操作、不弄虚作假，并接受生态环境部门的监督检查和及时整改检查中发现的问题；

（2）承诺保证所有辐射工作人员经过辐射与防护培训合格后方可上岗。

（3）按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部18号令）要

求开展个人剂量监测、工作场所监测和环境监测工作；

（4）待本项目取得环评批复后，医院将及时向生态环境主管部门申请更新辐射安全许可证。

（5）工程建设执行污染治理设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的“三同时”制度。项目投入运行后，尽快开展竣工环保验收。

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	