

编号：HP6420240212-001

核技术利用建设项目

宁夏宝石花医院新增 DSA 应用项目

环境影响报告表

(送审稿)

宁夏宝石花医院

2024 年 10 月

环境保护部监制

核技术利用建设项目

宁夏宝石花医院新增 DSA 应用项目

环境影响报告表

(送审稿)

建设单位名称：宁夏宝石花医院

建设单位法人代表（签名或签章）：侯文林

通讯地址：银川市兴庆区石油城

邮政编码：750006

联系人：冯璞

联系电话：15909517259

环评项目负责人职业资格证书（复印件）



打印编号: 1729500735000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	mni96x		
建设项目名称	宁夏宝石花医院新增DSA应用项目		
建设项目类别	55--172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称 (盖章)	宁夏宝石花医院		
统一社会信用代码	52640000MJX1682324		
法定代表人 (签章)	侯文林		
主要负责人 (签字)	侯文林		
直接负责的主管人员 (签字)	冯璞		
二、编制单位情况			
单位名称 (盖章)	长润安测科技有限公司		
统一社会信用代码	91641100MA76C6WY9X		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
沈立平	2015035640352014642320000027	BH021803	
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
张雅捷	项目基本情况、射线装置、废弃物、评价依据、保护目标与评价标准、环境质量和辐射现状、项目工程分析与源项、辐射安全与防护、环境影响分析	BH072226	
沈立平	辐射安全管理、结论与建议	BH021803	

建设项目环境影响报告书（表） 编制情况承诺书

本单位 长润安测科技有限公司（统一社会信用代码 91641100MA76C6WY9X）郑重承诺：本单位符合《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》第九条第一款规定，无该条第三款所列情形，不属于（属于/不属于）该条第二款所列单位；本次在环境影响评价信用平台提交的由本单位主持编制的 宁夏宝石花医院新增DSA应用项目 项目环境影响报告书（表）基本情况信息真实准确、完整有效，不涉及国家秘密；该项目环境影响报告书（表）的编制主持人为 沈立平（环境影响评价工程师职业资格证书管理号 2015035640352014642320000027，信用编号 BH021803），主要编制人员包括 张雅捷（信用编号 BH072226）、沈立平（信用编号 BH021803）（依次全部列出）等 2 人，上述人员均为本单位全职人员；本单位和上述编制人员未被列入《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》规定的限期整改名单、环境影响评价失信“黑名单”。

承诺单位(公章):

2024年10月18日



目 录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	12
表 3 非密封放射性物质	12
表 4 射线装置	12
表 5 废弃物（重点是医疗废弃物）	13
表 6 评价依据	14
表 7 保护目标和评价标准	16
表 8 环境质量和辐射现状	22
表 9 项目工程分析与源项	28
表 10 辐射安全与防护	36
表 11 环境影响分析	49
表 12 辐射安全管理	68
表 13 结论与建议	76
附件 1：本项目环评委托书	79
附件 2：辐射安全许可证	80
附件 3：辐射安全管理规章制度	83
附件 4：本项目环境 γ 辐射剂量率检测报告	111

表 1 项目基本情况

建设项目名称	宁夏宝石花医院新增 DSA 应用项目				
建设单位	宁夏宝石花医院				
法人代表	侯文林	联系人	冯璞	联系电话	15909517259
注册地址	银川市兴庆区石油城				
项目建设地点	银川市兴庆区石油城门诊楼一层介入导管室				
立项审批部门	/		批准文号	/	
建设项目总投资（万元）	126	项目环保投资（万元）	45.4	投资比例	43%
项目性质	<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他			占地面积（m ² ）	约 54.29m ²
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	/		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 甲 <input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
		<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		
1.1 项目概述					
1.1.1 建设单位情况					
<p>宁夏宝石花医院属于中国石油天然气集团公司、长庆油田参股并进行专业化管理的非营利性医院，医院位于银川市大新镇石油城燕庆路 137 号，距离新华东街东城人家社区 50 米，占地面积 18300m²，建筑用房面积 29270m²，服务对象以油田员工家属和周边社区近 10 余万居民为主，同时做好长庆油田生产、生活区域的医疗卫生和健康管理工作，是集医疗、预防、保健、教学和工业卫生服务于一体的二级甲等医院。核定床位数 248 张。现有</p>					

员工 381 人，年门急诊量 120000 次，年住院人次为 7000 人。医院设有 19 个临床、医技科室，设置 9 个职能科室，3 个辅助科室，在油田生产区域设置医疗点 42 个。医院拥有西门子 1.5T 核磁共振，4 台 CT（含宁夏首台移动 CT），西诺德钼靶，GE、西门子、飞利浦等高端彩超 10 余台，意大利 GMM 数字 X 线摄像系统（DR），迈瑞全自动生化免疫流水线，迈瑞 CL-6000i 全自动发光免疫，奥林巴斯 S190 腹腔镜、E290 胃肠镜、支气管镜，德国西诺德口腔 CT，芬兰普兰梅卡口腔全景 X 光机和体外碎石机等先进诊断治疗设备 160 余台。

1.1.2 任务由来

为解决周边地区群众看病就医问题和人民群众对健康日益增长的需求，提高医院总体的医疗水平，提高疑、难、危症的诊断治疗能力，宁夏宝石花医院计划新购 1 台飞利浦 Azurion 5M20（C）型 DSA（以下简称 DSA）设备安装在门诊楼 1 层介入导管室，用于开展冠心病介入手术。

根据“关于发布《射线装置分类》的公告”（公告 2017 年第 66 号），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宁夏宝石花医院的委托（详见附件 1），对宁夏宝石花医院新增 DSA 应用项目进行环境影响评价。接到委托后，我司相关人员对现场进行了调查和资料收集工作，最终编制完成本项目的环境影响评价报告表。

1.1.3 建设内容和规模

（1）项目概况

医院拟在门诊楼一层新建一间介入导管室，并新购一台数字减影血管造影机（DSA），DSA 设备参数为：最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA。根据《关于发布射线装置分类办法的公告》（2017）规定，拟安装设备属于 II 类射线装置。介入导管室东侧为控制室、污物暂存间，南侧和西侧为走廊，北侧为病人缓冲间，介入导管室正上方为诊室，下方为土层。本项目介入导管室建设项目组成见表 1-1。

表 1-1 本项目介入导管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	介入导管室	介入导管室净面积：54.29m ² ，净空尺寸为长 8.9m×宽 6.1m×吊顶高度 3.6m； 辐射防护设计：东侧和北侧墙体采用 200mm 加气块砖+3mm 铅板防护；西侧和南侧墙体采用 300mm 多孔砖+3mm 铅板防护； 顶面采用 120mm 钢筋混凝土+3mm 铅板做屏蔽防护； 地面采用 200mm 钢筋混凝土楼板上方涂抹 4mmPb 当量防护涂料（硫酸钡砂）做屏蔽防护。 患者进出门采用 4mmPb 电动防护推拉铅门，医生进出门采用 4mmPb 手动平开防护铅门，污物暂存间防护门采用 4mmPb 手动平开防护铅门，观察窗采用 4mmPb 铅玻璃观察窗。	新建
	设备	设备型号：Azurion 5M20（C），最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA，属于II类射线装置。	新购置
辅助工程	操作间	位于机房东侧	新建
	病人缓冲间	位于机房北侧	
	污物暂存间	位于机房东侧	
	淋浴间、更衣室	位于机房东南侧	
	走廊	位于机房西侧、南侧	
	医生办公室、设备间	位于机房东北侧	
	机房其他配套区域	根据实际需要合理设置分区，门窗及人员行动路线。	
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、室顶、地面采用硫酸钡防护涂料、铅板、混凝土等防护材料，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
	污水处理	生活污水依托市政污水处理厂处理后排至市政污水管网。	依托
	排风系统	DSA 机房设置医用循环空气处理机组进行通风换气。	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，医疗废物手术完统一收集后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	类别	安装位置	用途
医用血管造影 X 射线机 (DSA)	Azurion 5M20 (C)	飞利浦	125kV 1000mA	II类	门诊楼一层介入 导管室	介入手术

(3) 劳动定员

根据建设单位提供资料, 本项目为首次开展项目, 设备操作人员及手术人员拟配置 4 人, 其中包括 1 名心内科医师、1 名影像医师、1 名技师、1 名护士, 配备人员基本情况见表 1-3。

表 1-3 本项目现有放射工作人员一览表

序号	姓名	性别	职称/职务	工作岗位	个人剂量	辐射安全培训 证书编号
1	陈磊	男	中级	影像医师	已委托	——
2	黄晓婷	女	主治医师	心内科医师	已委托	——
3	杨琨琨	男	——	技师	已委托	——
4	石学玉	女	——	护士	已委托	——

(4) 工作负荷

根据医院提供资料, 本项目建成之后将用于开展冠心病介入手术, 计划每年进行 250 台手术, 具体情况见表 1-4。

表 1-4 具体手术情况

手术类型	年预计最大手 术量 (台)	单台手术平均累计曝光时间 (min)		年最长出束时间 (h)	
		摄影	透视	摄影	透视
冠心病介入	250	1	25	5	104

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健康影响。

(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）》，本项目属鼓励类第十三项“医药”中第4条“新型医用诊断设备和试剂，高性能医学影像设备，高端放射治疗设备，急危重症生命支持设备，人工智能辅助医疗设备，移动与远程诊疗设备，高端康复辅助器具，高端植入介入产品，手术机器人等高端外科设备及耗材，生物医用材料、增材制造技术开发与应用”项目，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

宁夏宝石花医院医用血管造影用 X 射线装置（DSA）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具有明显的社会效益，但在使用过程中会产生辐射影响，通过屏蔽体屏蔽后，对辐射工作人员和公众造成的附加年有效剂量低于剂量管理限值要求。

1.4 项目周边保护目标及场址选址

1.4.1 项目位置

宁夏宝石花医院位于银川市兴庆区石油城。医院地理位置图如图 1-1 所示。



图 1-1 医院地理位置图

1.4.2 周边环境关系

本项目门诊楼位于医院西南角，本项目介入导管室位于门诊楼一层西侧，介入导管室 50m 范围内西侧为院内道路，北侧为门诊楼、院内道路，东侧为社区卫生服务中心门诊楼，南侧为院内空地，介入导管室 50m 范围如图 1-2 所示，介入导管室所在楼层平面布局图如图 1-3 所示。

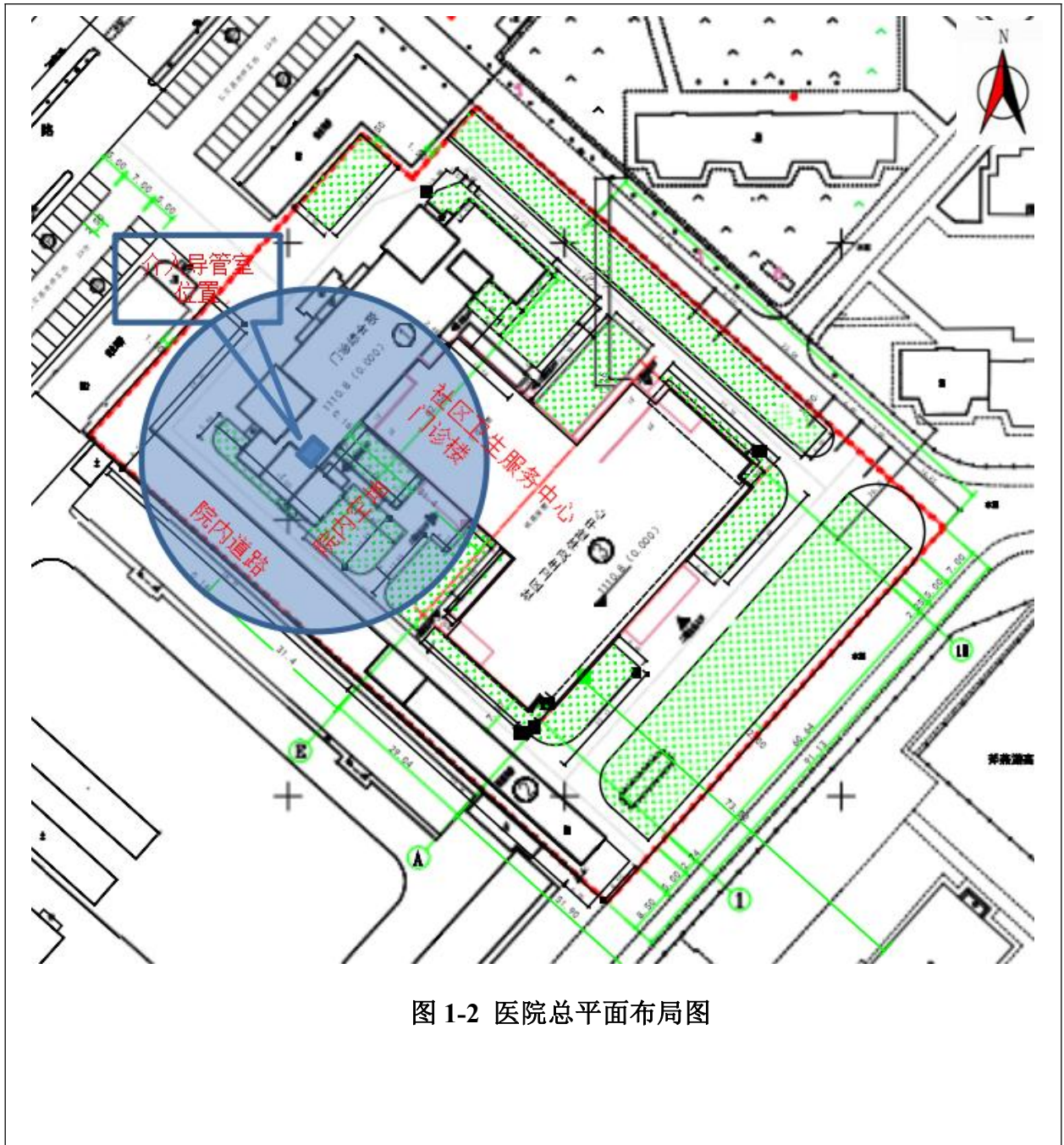


图 1-2 医院总平面布局图

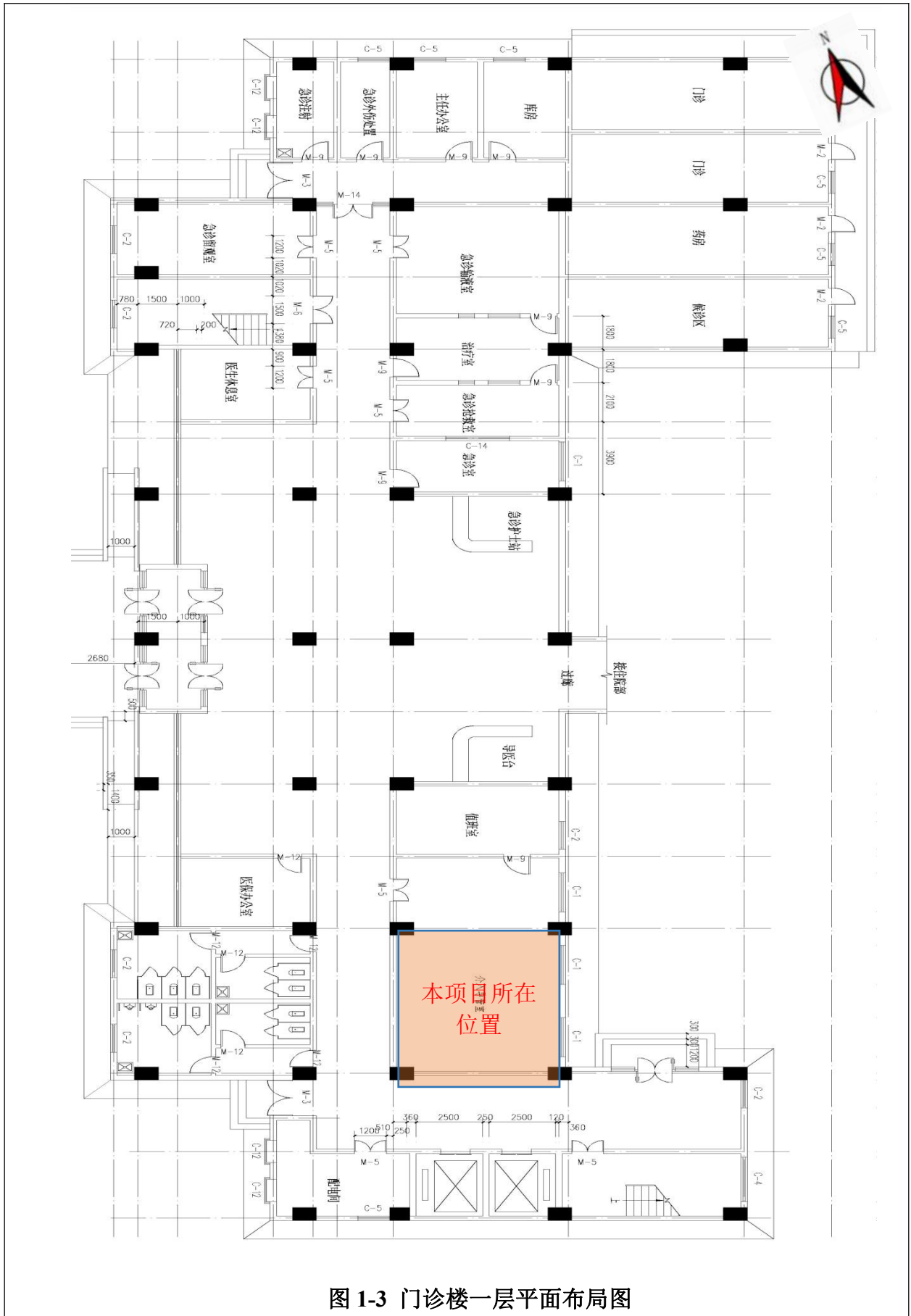


图 1-3 门诊楼一层平面布局图

1.4.3 周边保护目标及选址

本项目介入导管室位于医院门诊楼（地上 6 层，无地下层）一层，介入导管室东侧为控制室、污物暂存间，南侧和西侧为走廊，北侧为病人缓冲间，介入导管室正上方为诊室，下方为土层。介入导管室平面布局图如图 1-4 所示。

本项目 DSA 手术室周围 50m 范围内主要为医院内部建筑、空地及道路，均无学校、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。本项目保护目标主要为医院内工作人员及工作场所周围 50m 范围内的流动人群。

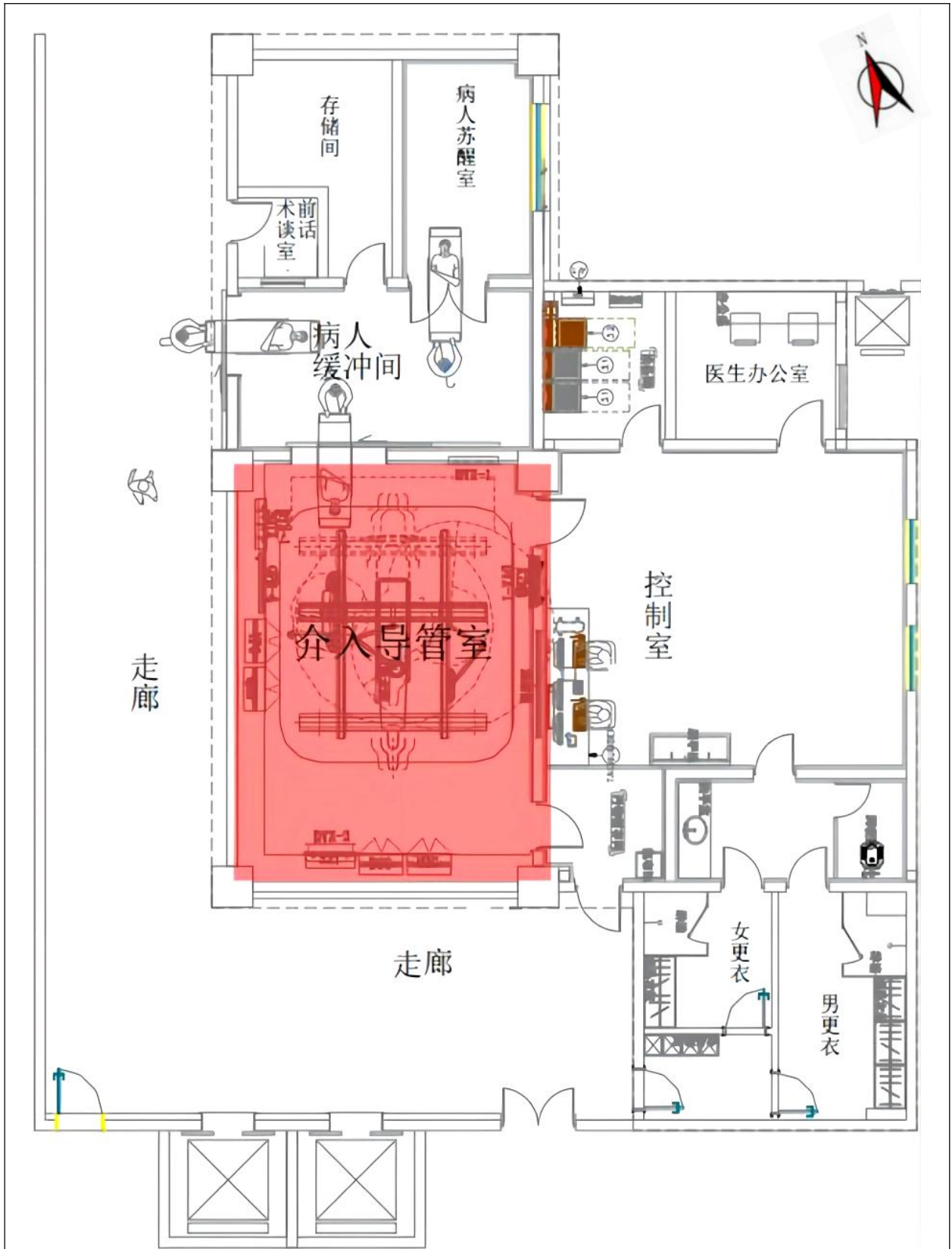


图 1-4 机房平面布局图

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

宁夏宝石花医院现持有《辐射安全许可证》，证书编号为：宁环辐证[A0095]（详见附件2），发证日期为2020年03月23日，有效期至2025年03月22日，种类和范围：使用Ⅲ类射线装置；医院现有射线装置一览表见表1-5。

表 1-5 医院现有射线装置一览表

序号	装置名称	规格型号	类别	用途	活动种类	辐射安全许可情况
1	西门子 CT 机	SOMATOM Emotion	Ⅲ类	医用 X 射线计算机断层扫描（CT）装置	使用	已许可，宁环辐证 [A0095]
2	X 光机	XG-501	Ⅲ类	医用诊断 X 射线装置	使用	
3	800 毫安数字胃肠机	BSX-150B-XP	Ⅲ类	医用诊断 X 射线装置 1	使用	
4	X 光机	MSO-0.5MA	Ⅲ类	医用诊断 X 射线装置	使用	

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统计情况如下：Ⅲ类射线装置 4 台、无Ⅱ类射线装置。

（2）辐射工作人员个人剂量检测结果

建设单位已为现有辐射工作人员配备了个人剂量计，委托银川市疾病预防控制中心进行监测，并按要求建立个人剂量档案，由放射科统一管理，监测状况良好。

（3）核技术工作场所及外环境监测报告

建设单位每年委托有资质单位进行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良好。

（4）辐射安全管理机构及辐射制度

建设单位已按照相关标准要求，制定了《放射科辐射安全管理》《安全应急预案》《放射防护规章制度》《放射防护安全管理制度》《个人剂量监测管理制度》《职业健康检查管理制度》《放射防护检测与评价制度》《质量控制与安全防护管理制度》《放射设备检修和维护保养制度》《放射防护安全管理小组成员及职责》《受检者放射防护措施》《DSA操作规程》等制度，并明确相应的职责，以加强医院放射诊疗工作的管理，保证医疗质量和医疗安全，保障放射诊疗工作人员、患者和公众的健康。

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	数字减影血管造影 (DSA)	II	1	待定	125	1000	介入手术	门诊楼一层介入导管室	新购置

(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（重点是医疗废弃物）

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	<ol style="list-style-type: none">1.《中华人民共和国环境保护法》（2014 年修订，2015 年 1 月 1 日起施行）；2.《中华人民共和国环境影响评价法》（中华人民共和国主席令第二十四号，2018 年 12 月 29 日起施行）；3.《中华人民共和国放射性污染防治法》（中华人民共和国主席令第六号，2003 年 10 月 1 日起施行）；4.《建设项目环境保护管理条例》（中华人民共和国国务院令 第 682 号，2017 年修改，2017 年 10 月 1 日起施行）；5.《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版）（2021 年 1 月 1 日起施行）；6.《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令 第 449 号，2019 年 3 月 2 日《国务院关于修改部分行政法规的决定》（国务院令 第 709 号）修订，（2019 年实施）；7.《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2006 年，国家环境保护总局令 第 31 号，2008 年 12 月 6 日经环境保护部令 第 3 号修改，2017 年 12 月 20 日经环境保护部令 第 47 号修改，2019 年 8 月 22 日经生态环境部令 第 7 号修改，2021 年 1 月 4 日经生态环境部令 第 20 号修改）；8.《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令 部令 第 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行）；9.《放射工作人员职业健康管理辦法》（卫生部令 第 55 号，2007 年）10.关于发布《射线装置分类》的公告（公告 2017 年第 66 号）（环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告，公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 6 日起实施）；11.《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，2006.9.26）；12.《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部，公告 2019 年第 57 号，2019 年 12 月 23 日，2020 年 1 月 1 日起施行）；
------	--

	<p>13.《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（生态环境部公告 2021 年第 9 号）；</p> <p>14.《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，部令 14 号，2020 年 11 月 23 日，2021 年 1 月 1 日起实施）。</p>
技术标准	<p>1.《建设项目环境影响评价技术导则总纲》（HJ 2.1-2016）</p> <p>2.《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1—2016）；</p> <p>3.《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>4.《辐射环境监测技术规范》（HJ61—2021）；</p> <p>5.《环境辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157—2021）；</p> <p>6.《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）；</p> <p>7.《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）；</p> <p>8.《放射工作人员职业健康要求及监护规范》（GBZ98-2020）；</p> <p>9.《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》（WS76-2020）；</p> <p>10.《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序》；</p> <p>11.《辐射事故应急监测技术规范》（HJ 1155-2020）；</p> <p>12.《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB 8999-2021）；</p> <p>13.《用于光子外照射放射防护的剂量转换系数》（GBZ/T 144-2002）；</p> <p>14.《医用血管造影 X 射线机专用技术条件》（YY/T0740-2009）；</p> <p>15.《StructuralShielding Design For Medical X-Ray ImagingFacilities》（NCRP147 号出版物）。</p>
其他	<p>1.宁夏宝石花医院环境影响评价委托书和剂量目标管理值；</p> <p>2.宁夏宝石花医院提供的相关图纸；</p> <p>3.宁夏宝石花医院提供的其他技术资料；</p> <p>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）；</p> <p>5.《辐射防护导论》（原子能出版社，1991 年出版）。</p>

表 7 保护目标和评价标准

7.1 评价范围

本项目拟使用 DSA 设备，为II类射线装置，DSA 设备开机出束时，会有 X 射线的产生，主要评价因子为 X 射线。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介入导管室屏蔽墙体外 50m 区域，介入导管室屏蔽墙体外 50m 区域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

介入导管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辐射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如表 7-1 所示。

表 7-1 介入导管室保护目标一览表

保护目标	方位	场所	保护目标	距辐射源最近距离	人口规模	年剂量约束值
职业人员	——	介入导管室	介入手术医护人员	机房内	2~6 人	≤5mSv
	东侧	操作室	操作室工作人员	相邻	1~3 人	
		污物暂存间	工作人员	相邻	1~3 人	
公众人员	南侧	走廊	医护人员、患者及家属	相邻	流动人员	≤0.25mSv
		院内道路、院内空地	医护人员、患者及家属、保洁人员等	5-50m	流动人员	
	西侧	走廊	医护人员、患者及家属、保洁人员等	相邻	流动人员	
		门诊楼	医护人员、患者及家属	5-50m	流动人员	
	北侧	病人缓冲间	医护人员、患者及家属	相邻	流动人员	
		社区卫生服务中心门诊楼	医护人员、患者及家属	5-20m	流动人员	
		院内道路	医护人员、患者及家属、保洁人员等	20-50m	流动人员	
	东侧	院内空地	医护人员、患者及家属、保洁人员等	5-50m	流动人员	
		院内道路	医护人员、患者及家属、保洁人员等	5-50m	流动人员	
	楼上	诊室	医护人员、患者及家属	相邻	流动人员	

7.3 评价标准

一、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

1、防护与安全的最优化

4.3.3.1 条款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

2.1 职业照射

(1) 根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)附录 B 规定:

B1 剂量限值:

B1.1 职业照射

B1.1.1 剂量限值

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

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

b)任何一年中的有效剂量,50mSv;

d)四肢(手和足)或皮肤的年当量剂量,500mSv。

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到的平均剂量估计值不应超过下述限值:

a)年有效剂量,1mSv;

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

(2)《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2019)

6.1 剂量评价一般原则

6.1.1 按照 GB18871 的规定,对职业照射用年有效剂量评价。

6.1.2 当职业照射受照剂量大于调查水平时,除记录个人监测的剂量结果外,还应作进一步调查,本标准建议的年调查水平为有效剂量 5.0mSv。

综合上述,本次评价以《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)规定的年有效剂量限值的 1/4,作为年管理剂量约束值,即:以 5.0mSv/a 作为职业人员的年管理剂量约束值;以 125mSv/a 作为职业人员四肢年管理剂量约束值;以 0.25mSv/a 作为公众人员的年管理剂量约束值。

3.工作场所分区

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

二、《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）

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

（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。

（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。

（3）X 射线设备应配备能阻止使用焦皮距小于 20cm 的装置；

（4）介入操作中，设备控制台和机房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。

2.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）对新建、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
a. 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。		

3.X 射线设备机房屏蔽防护应满足如下要求：

(1) 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护应不小于表 7-3 要求。

表 7-3 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

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

备注：本项目 DSA 机房属于 C 形臂 X 射线设备机房。

(2) 机房的门和窗关闭时应满足表 7-3 的要求。

4.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；

由于 DSA 设备也具有摄影程序，为了辐射安全保守均按透视程序计算，因此本项目中的 DSA 机房外周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h。

5.X 射线设备工作场所防护

(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。

(2) 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。

(3) 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。

(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。

(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) 电动推拉门宜设置防夹装置。

(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。

(8) 机房出入口宜处于散射辐射相对低的位置。

6.X 射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求

(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防护衣。

(2) 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。

(3) 个人防护用品不使用时，应妥善存放，不应折叠放置，以防止断裂。

表 7-4 DSA 机房个人防护用品和辅助防护设施配备要求

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	---

综上所述，根据本项目与实际情况，制定的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 0.25mSv；本项目中的 DSA 机房外周围剂量当量率应不大于 2.5 μ Sv/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

本项目选址位于银川市大新镇石油城燕庆路 137 号,医院地理坐标为东经 106° 19 '8" , 北纬 38° 26' 49" , 项目地理位置见图 1-1。

医院整体布局图如图 1-2 所示。拟新建的介入导管室位于门诊楼一层,东侧为操作室、污物暂存间,南侧和西侧为走廊,北侧为病人缓冲间,介入导管室正上方为诊室,下方为土层。

8.2 辐射环境现状监测

8.2.1 检测单位

长润安测科技有限公司。

8.2.2 监测因子

本项目拟建地环境 γ 辐射剂量率(检测报告见附件 4)。

8.2.3 监测时间及环境条件

监测时间: 2024 年 06 月 18 日;

室外温度: 30.3°C; 室内温度: 30.0°C; 相对湿度: 34.1%

8.2.4 监测方法

本次环境辐射剂量率监测严格按照《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)的相关要求进行监测。

8.2.5 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

检测仪器	环境级 X、 γ 剂量率仪
仪器型号	SCB603E
仪器编号	CR-YQ-088
生产厂家	北京海阳博创科技股份有限公司
量程	0.01 μ Gy/h~1Gy/h
能量范围	30keV~3MeV
检定证书编号	DD24J-CA100187
检定证书有效期	2024 年 04 月 10 日~2025 年 04 月 11 日
检定单位	北京市计量检测科学研究院
校准因子	0.98

探测限	$\geq 10\text{nSv/h}$
-----	-----------------------

8.2.6 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，并经过中国计量科学研究院检定，每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常；

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

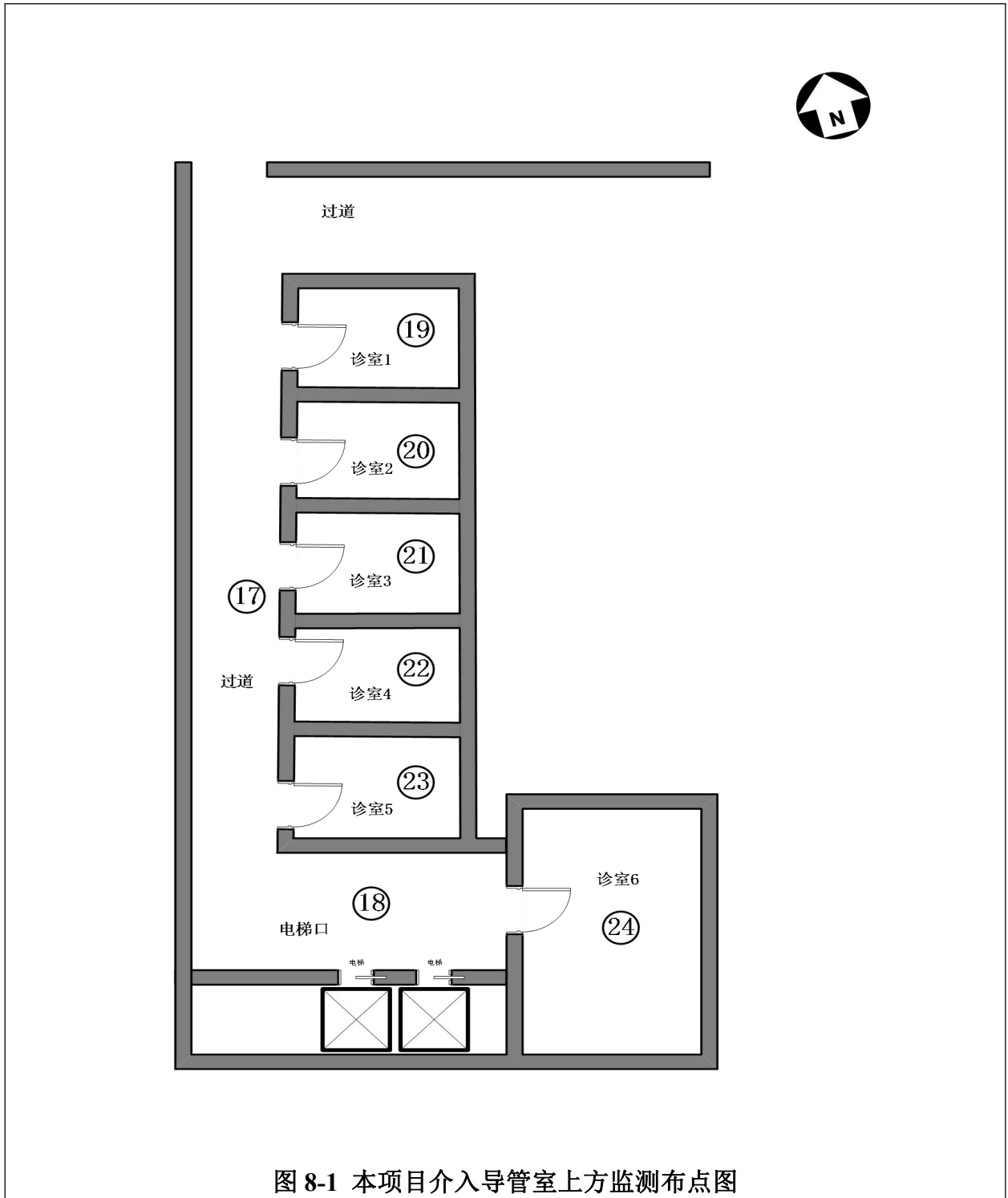
(4) 合理布设检测点位，保证各监测点位布设的科学性和代表性。

8.2.7 布点原则

本项目的环境辐射现状监测的点位主要位于室内和道路，按照《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）的辐射环境质量监测布点要求，开展道路测量时，点位应设置在道路中心线；开展室内测量时，点位应设置在人员停留时间最长的位置或者室内中心位置。

8.2.8 监测点位

根据以上布点原则，本项目主要监测介入导管室及周围的辐射环境本底值，共布设28个检测点位，本项目监测布点图见图8-1~图8-2。



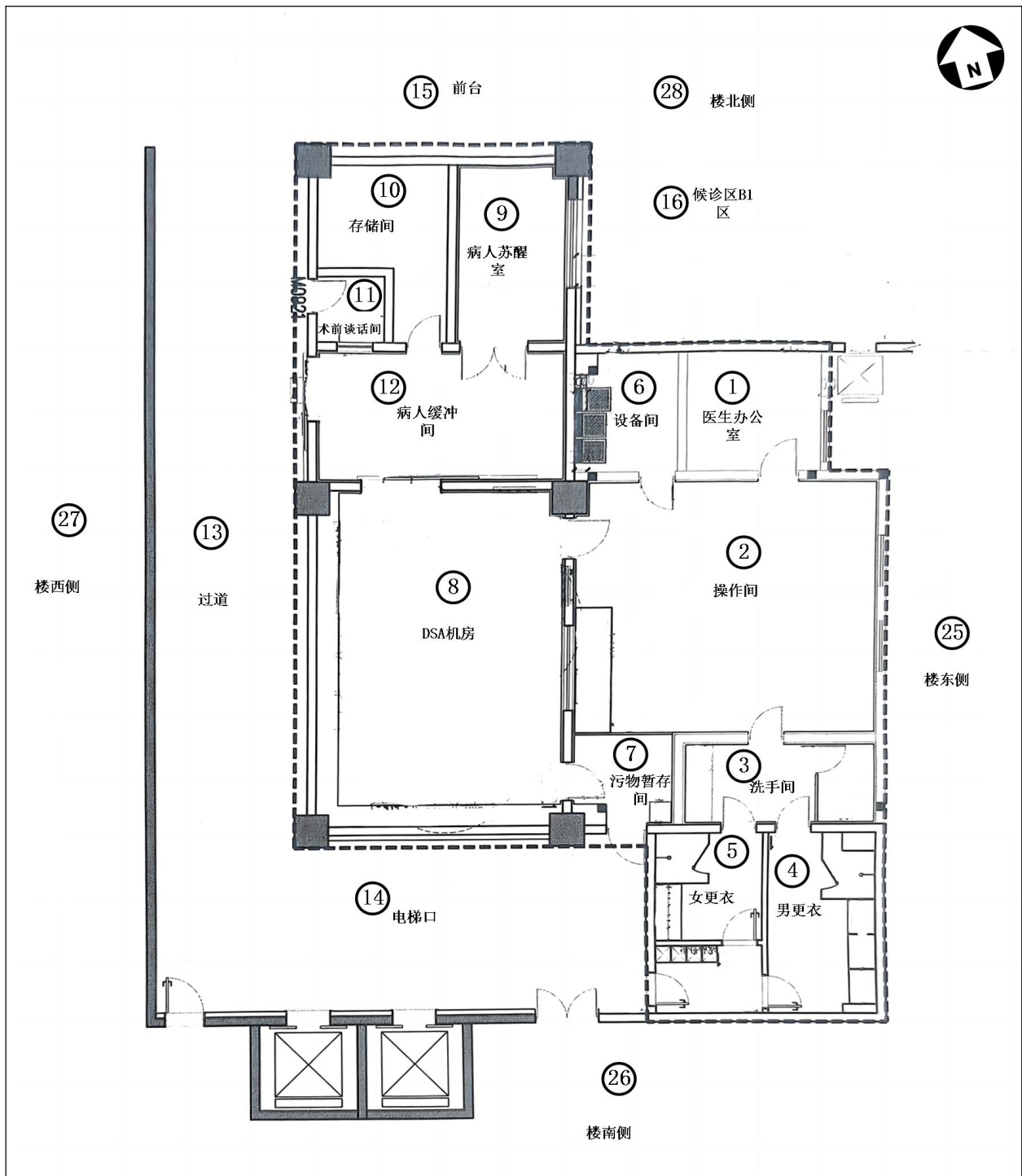


图 8-2 本项目拟建介入导管室及所在门诊楼四周监测布点图

8.2.9 监测结果

本项目拟建介入导管室及周围辐射环境本底监测结果分布见表8-1。

表8-1 介入导管室及周围辐射环境本底监测结果

检测环境条件	天气：多云	室外温度：30.3℃	室内温度：30.0℃	相对湿度：34.1%
	检测地点经纬度：	东经 106°19'8"	检测地点海拔高度：1105.2m	
		北纬 38°26'49"		
	湖库水面（银川阅海湖）经纬度：	东经 106°13'24"	湖库水面（银川阅海湖）海拔高度： 1062.5m	
北纬 38°31'16"				
检测点位	点位描述		γ 辐射空气吸收剂量率 (μGy/h)	备注
1	拟建医生办公室		0.092±0.001	
2	拟建操作间		0.092±0.001	
3	拟建洗手间		0.079±0.004	
4	拟建男更衣		0.082±0.002	
5	拟建女更衣		0.075±0.004	
6	拟建设备间		0.09±0.004	
7	拟建污物暂存间		0.076±0.003	
8	拟建 DSA 机房		0.080±0.004	
9	拟建病人苏醒室		0.072±0.004	
10	拟建存储间		0.080±0.003	
11	拟建术前谈话间		0.083±0.003	
12	拟建病人缓冲间		0.075±0.004	
13	一楼过道		0.089±0.003	
14	一楼电梯口		0.074±0.003	
15	一楼前台		0.071±0.004	
16	一楼候诊区 B1 区		0.08±0.004	
17	二楼过道		0.059±0.003	
18	二楼电梯口		0.083±0.004	
19	二楼诊室 1		0.084±0.004	
20	二楼诊室 2		0.087±0.004	

检测点位	点位描述	γ 辐射空气吸收剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)	备注
21	二楼诊室 3	0.091 ± 0.004	
22	二楼诊室 4	0.083 ± 0.002	
23	二楼诊室 5	0.089 ± 0.003	
24	二楼诊室 6	0.086 ± 0.004	
25	门诊楼东侧	0.085 ± 0.004	
26	门诊楼南侧	0.100 ± 0.004	
27	门诊楼西侧	0.108 ± 0.004	
28	门诊楼北侧	0.090 ± 0.003	

注：1、测量时探头距离地面约 1m；2、每个监测点测量 10 个数据取平均值，以上监测结果均已对宇宙射线的响应值修正；3、环境 γ 辐射空气吸收剂量率=读数平均值 \times 校准因子 $k_1 \times$ 仪器检验源效率因子 $k_2 \div$ 空气比释动能和周围剂量当量的换算系数-屏蔽修正因子 $k_3 \times$ 测量点宇宙射线响应值 D_c (12.5nGy/h)，校准因子 k_1 为 0.98，仪器使用 ^{137}Cs 进行校准，转换系数为 1.20Sv/Gy ，效率因子 k_2 取 1； k_3 室内按楼房取 0.8、室外按道路取 1。

综上监测显示，项目拟建场地及周围环境 γ 辐射剂量率在 $0.059 \pm 0.003 \mu\text{Gy/h} \sim 0.108 \pm 0.004 \mu\text{Gy/h}$ 。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 $62.3\text{-}137.8\text{nGy/h}$ 。由此可知项目 所在地的环境 γ 辐射剂量率在当地环境本底水平范围内。

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 DSA 工程设备与工艺分析

(1) 设备组成

数字减影血管造影机（DSA）是计算机与常规血管造影相结合的一种检查方法，是集电视技术、影像增强、数字电子学、计算机技术、图像处理技术多种科技手段于一体的系统。

DSA 主要组成部分包括高压发生器、X 射线球管、平板探测器、电子计算机图像处理系统、操作台、干式激光相机、导管床及专用机架组成。典型 DSA 设备外观结构图如图 9-1 所示。

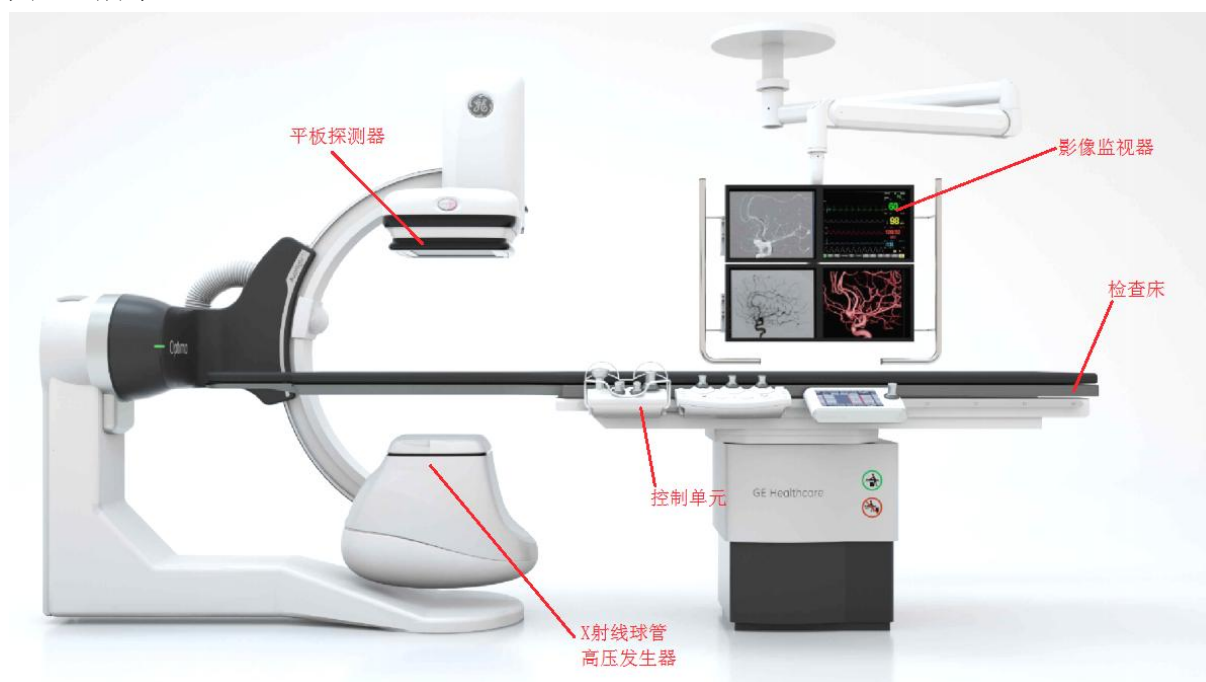


图 9-1 典型 DSA 外观结构图

(2) DSA 数字减影血管造影机工作原理

DSA 主要采用时间减影法，利用影像增强器将透过已衰减的未造影图像的 X 线信号增强，再用高分辨率的摄像机对增强后的图像作一系列扫描，所得到的各种不同的信息经模拟/数字转换器转换成不同值的数字储存于记忆盘中，称作蒙片。然后将注入造影剂后的造影区的透视影像也转换成数字，并减去蒙片的数字，将剩余的数字经数/模转换成各种不同的灰度级，在显示器上构成图像，即成为除去了注射造影剂前透视图像上所见的骨骼和软组织影像，剩下的只是清晰地含有造影剂的纯血管影像，具有高精密度和灵

敏度。其结构设计工作原理图详见图 9-2，工作示意图见图 9-3。

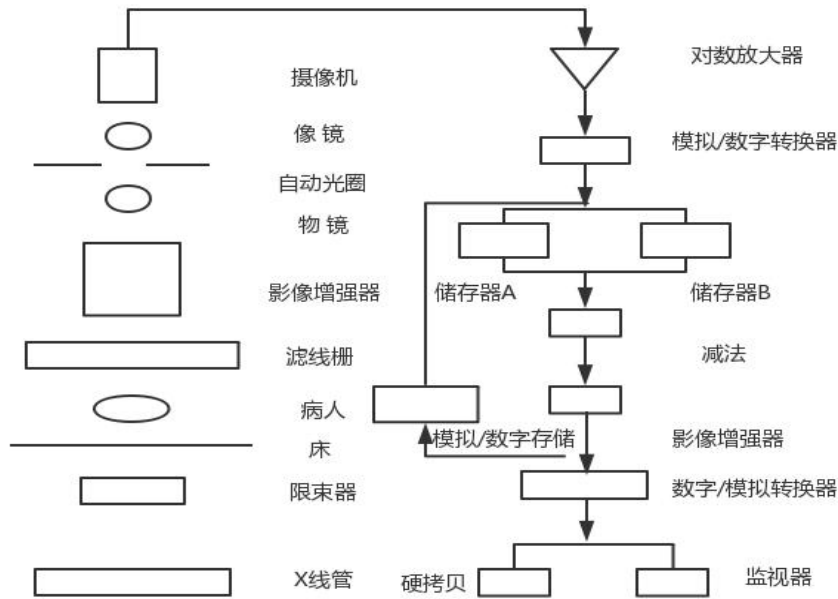


图 9-2 DSA 结构及工作原理图

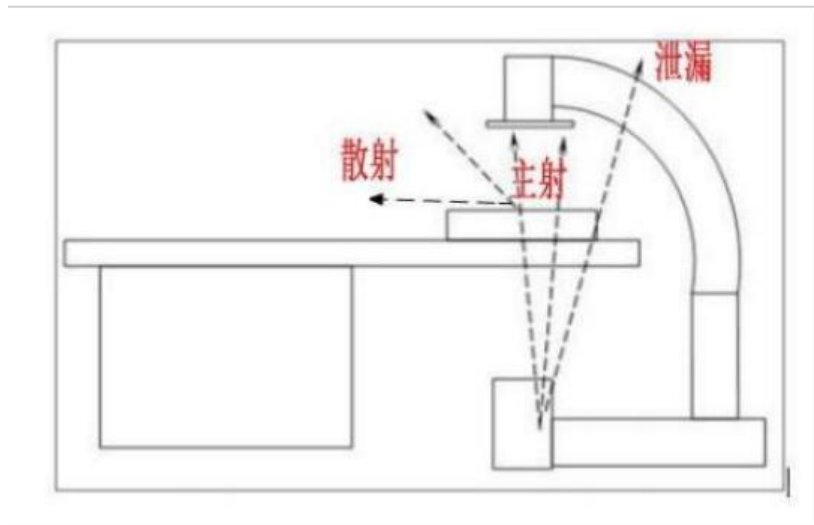


图 9-3 DSA 工作示意图

(3) 操作流程

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医生退出机房，通过控制室操作台对病人进行拍片；④医生穿着防护服进入曝光室，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；⑤配合射线装置透视推送导管，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，通过控制室操作台对病人进行拍片，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，医生再次进入机房内并配合射线装置透视对病人病灶部位进行相应介入手术。

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（即操作技师或医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，为更清楚的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导管室操作。

DSA 操作流程如图 9-4 所示。

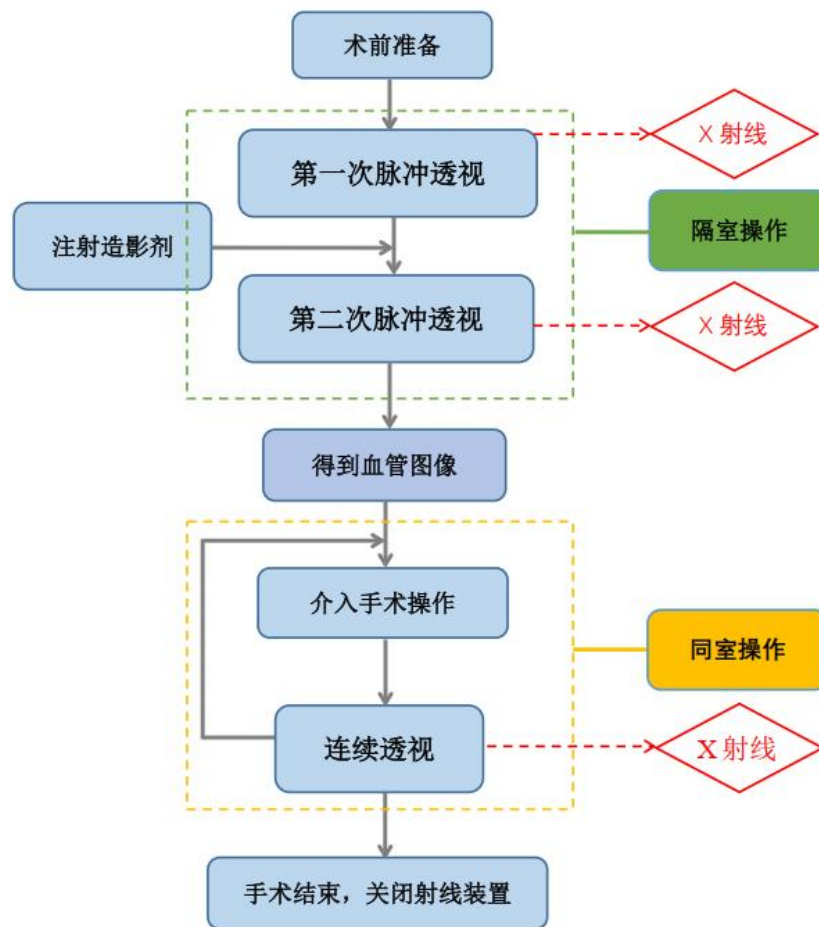


图 9-4 DSA 操作流程

(4) 本项目 DSA 服务范围

根据建设单位提供资料，本项目 DSA 主要用于进行冠心病介入诊疗手术，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，年预计手术量约 250 台。

(5) 污染因子

使用 DSA 手术时，注入的造影剂不含放射性，DSA 采用先进的数字显影技术，不会产生废显影液、废定影液和废胶片，介入手术中会产生一些医疗废物。DSA 进行摄影、透视时，高压发生器将高电压加在 X 射线管的两极之间，高速运动的电子撞击物质而突然受阻时产生 X 射线。X 射线使空气电离产生臭氧和氮氧化物。DSA 诊治流程及产污环节见图 9-5。

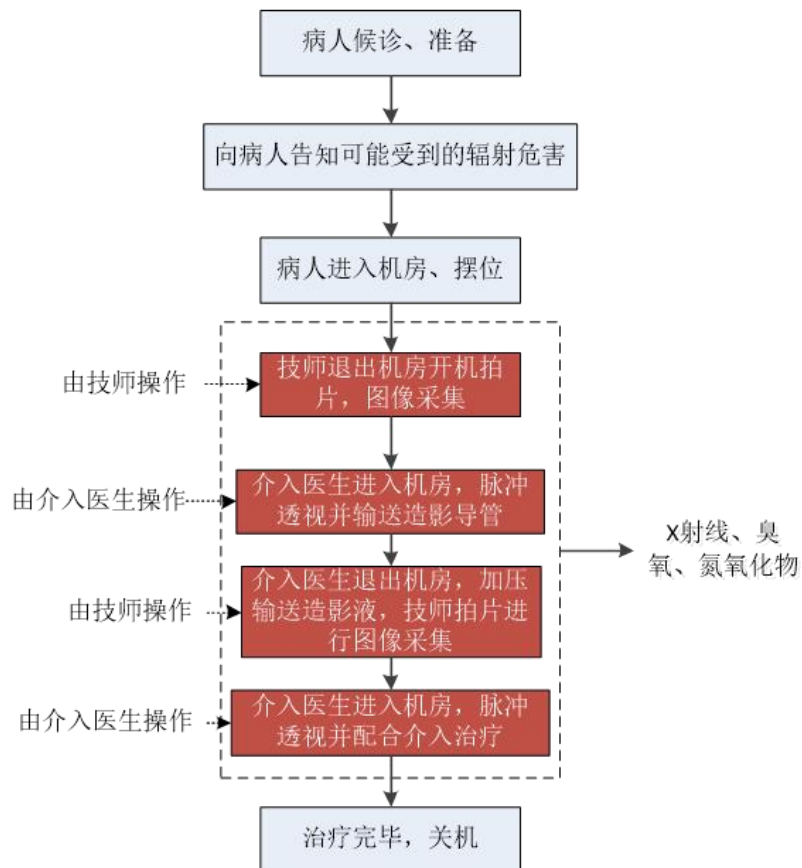


图 9-5 DSA 流程及产污环节示意图

有用线束方向

由于 DSA 机架可以带动 X 射线球管和平板探测器一起旋转，考虑到本项目 DSA 装机方向，DSA 有用线束可以朝上、下、南、北方向进行照射，临床上根据手术检查部位

进行旋转。

人流、物流路径

本项目人流、物流路径图如图 9-6 所示。

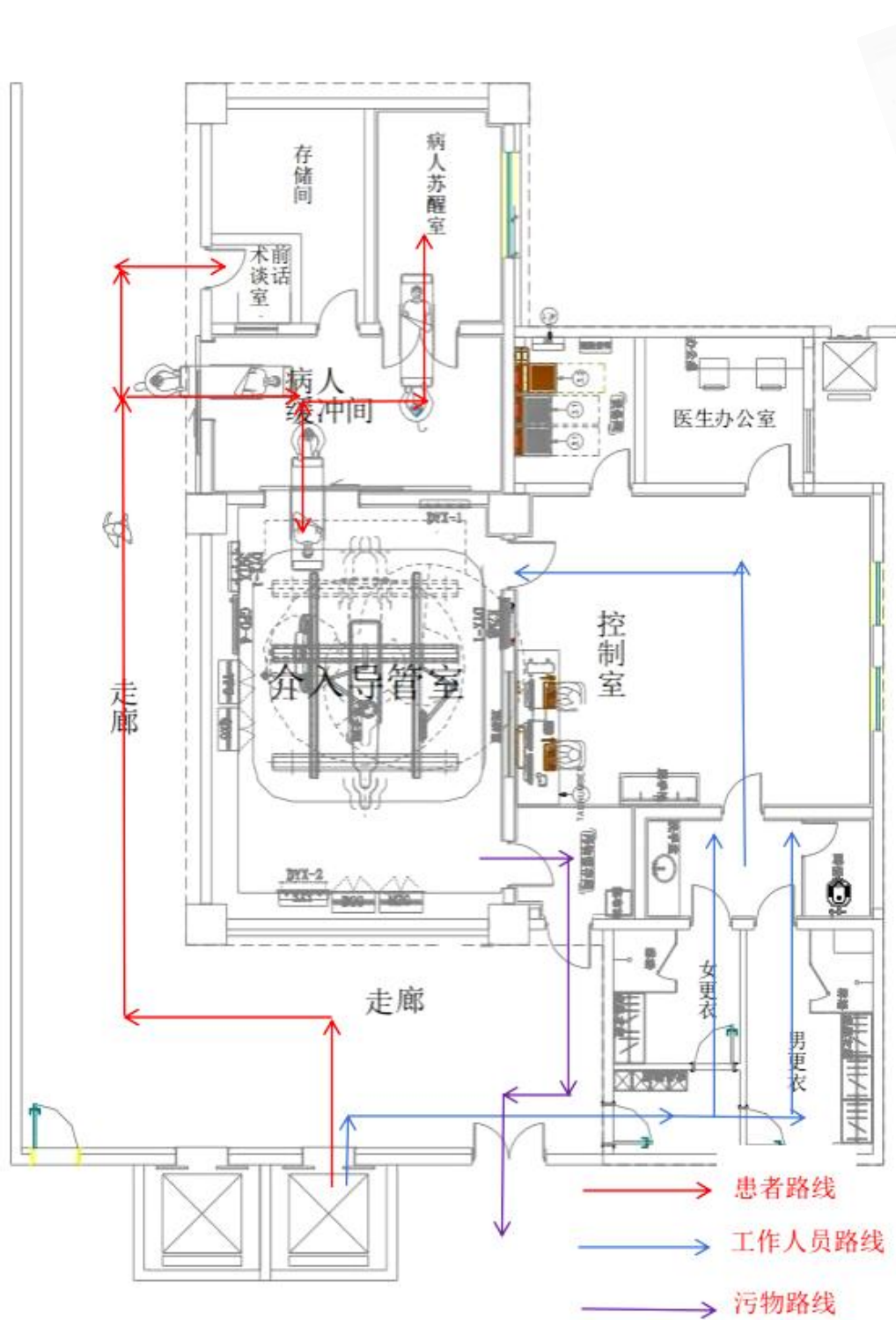


图 9-6 本项目人流、物流路径图

本项目介入导管室位于住院楼一层，病人家属不得进入，只在介入导管室南侧和西侧的等候区等候。

候诊病人：候诊患者经病人准备、等候区进入走廊，进入术前谈话间进行谈话，谈话完成后进入病人缓冲间，通过患者门进入介入导管室。

医护人员：医护人员经走廊进入更衣室，进行更衣换鞋后，穿戴防护用品，随后到达洗手盆前进行洗手，完成后进入操作室刷手池进行刷手，通过工作人员防护门进入介入导管室。

技师人员：医护人员经走廊进更衣室、刷手区到达操作室。

污物：介入导管室产生的医疗废物均由专人及时收集，每台手术结束后通过机房北侧污物门运至污物暂存间内暂存，每日手术结束后直接从污物暂存间运出并统一处理，该污物间紧邻介入导管室，不与人员通道交叉。

综上，本项目 DSA 进出机房为人员与污物分别设置独立通道，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。

9.2 污染源项描述

（一）放射性污染因素

X 射线

由 DSA 工作原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生和消失。因此，本项目 DSA 装置在非开机状态下不产生 X 射线，只有在开机并处于出线状态时才会产生 X 射线。因此，在开机期间，X 射线成为污染环境的主要因子。

射线装置运行时，在放射工作人员按照规范操作的条件下，放射工作人员、受检者和公众可能受到射线装置运行时产生包括有用射线、散射线和漏射线等 X 射线的外照射。X 射线照射到生物机体时，可使生物细胞受到抑制、破坏甚至坏死，致使机体发生不同程度的生理、病理和生化等方面的改变。介入手术需要在 DSA 设备引导下操作，手术室内的医护人员会暴露于 X 射线有用线束、散射线的环境中，需要穿戴相应的防护用品（如铅围裙、铅帽、铅颈套、铅眼镜、铅橡胶手套等）或借助辅助防护设施（铅悬挂防护屏、铅防护帘、床侧防护帘、床侧防护屏等）以减少辐照引起的剂量。同时，穿透屏蔽体的 X 射线会对操作人员和机房周围留居人员造成一定的辐照危害。

放射性废物

DSA 装置运行过程不产生放射性固体废物、放射性废水和放射性废气。

非放射性污染因素分析

(1) 废气

X 射线装置在出束过程中会与空气产生电离作用，空气吸收辐射能量并通过电离离子的作用可产生臭氧和氮氧化物。由于 DSA 产生的 X 线输出功率低，剂量小，光子能量低，每次曝光时间短，因此，臭氧和氮氧化物产生量极少，保持工作场所的良好通风可避免辐射工作场所空气中的有害气体含量增加。

(2) 废水

项目运行后，废水主要为辐射工作人员的生活污水和医疗废水。经过本院污水预处理设施消毒处理后排入市政管网。

(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 0.5kg 医疗废物，每年约进行 250 台介入手术，医疗废物年产生量为 125kg/a。工作人员产生少量的生活垃圾。

(二) 不同工况下的污染途径

1. 正常工况下的污染途径

X 射线装置主要的放射污染是 X 射线，污染途径是 X 射线外照射。X 射线装置只在开机并处于出束状态时才会发出 X 射线。在开机出束时，有用束和漏射、散射的 X 射线对周围环境造成辐射影响。在 X 射线装置使用过程中，X 射线贯穿机房的屏蔽设施进入外环境，将对操作人员及机房周围人员造成辐射影响。

此外，X 射线与空气作用产生极少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，但由于该项目数字减影血管造影机工作时的管电压、管电流较小，因此产生的臭氧和氮氧化物也较少。

2. 事故情况下的污染途径

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。

(9) 曝光时维修人员尚未离开机房，造成维修人员误照射。

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 拟在新建介入导管室安装使用，机房平面布局图详见图 10-1，周围情况详见表 10-1。



图 10-1 拟建介入导管室平面布局图

表10-1 本项目手术室周围情况表

序号	机房名称	北侧	西侧	南侧	东侧	楼上	楼下
1	介入导管室	病人缓冲间	走廊	走廊	控制室、污物暂存间	诊室	无地下室

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，结合本项目的的设计情况，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	本项介入导管室的门、窗和管线口位置设置合理，DSA 有用线束可以朝上、下、南、北方向进行照射，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 X 射线机房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。	本项目拟配置的 X 射线设备设有独立手术室，满足设备的布局要求。				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 X 射线机房设有观察窗，其设置的位置便于观察到受检者状态及防护门开闭情况。				设计可行
5	介入导管室	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
		3.5m	20m ²	6.1m	54.29m ²	

综上，本项目 DSA 使用地点固定，避开了人群相对集中的门诊区域，所处位置相对独立。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，候诊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。本项目的修建不影响消防通道，且不占用消防设施等任何公共安全设施。同时，介入导管室采取了有效的屏蔽措施，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，平面布置合理。

10.1.2 工作场所分区

根据（GB 18871-2002）第 6.4 条，放射性工作场所一般应分为控制区和监督区。本项目介入导管室进行了工作场所分区设计，具体分区设计见表 10-3 及图 10-2 所示。

表 10-3 工作场所分区设计表

序号	场所	控制区	监督区
1	介入导管室	介入导管室	介入导管室周围控制室、污物暂存间、病人缓冲间、走廊、机房楼上诊室等。

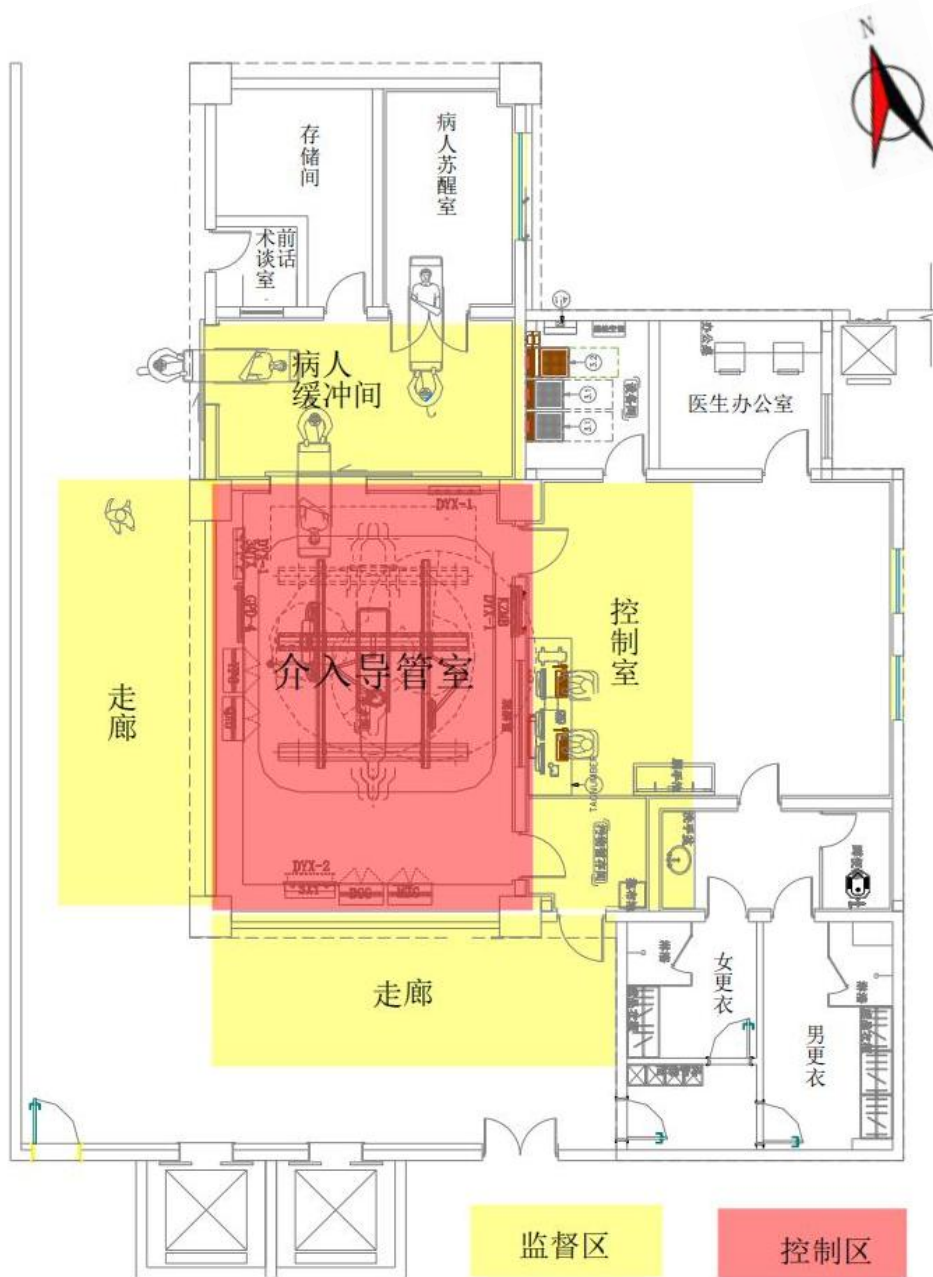


图 10-2 DSA 工作场所分区示意图



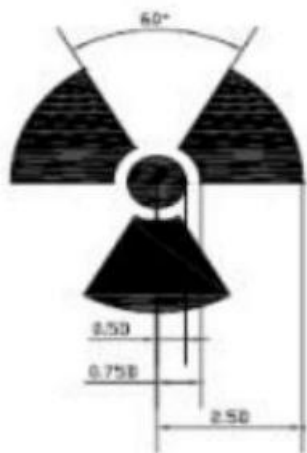


图 10-4 电离辐射警告标志

10.1.3 辐射防护措施

本项目介入导管室设计的屏蔽参数见表 10-4，DSA 工作场所墙体结构图见图 10-5。

表 10-4 本项目拟建介入导管室辐射屏蔽设计方案

机房	防护部位	建设单位设计情况
介入导管室	东墙	采用 200mm 加气块砖，内墙附加 3mm 铅板做屏蔽防护
	南墙	采用 300mm 多孔砖，内墙附加 3mm 铅板做屏蔽防护
	西墙	采用 300mm 多孔砖，内墙附加 3mm 铅板做屏蔽防护
	北墙	采用 200mm 加气块砖，内墙附加 3mm 铅板做屏蔽防护
	室顶	顶面采取在原建筑（120mm 钢筋混凝土楼板）附加 3mm 铅板做屏蔽防护
	地面	地面采用在原建筑（200mm 钢筋混凝土楼板）涂抹 4mmPb 当量防护涂料（硫酸钡砂）做屏蔽防护
	观察窗	4mmPb 铅玻璃
	工作人员防护门	4mmPb 手动平开铅防护门
	污物通道防护门	4mmPb 手动平开铅防护门
患者出入门	4mmPb 电动推拉铅防护门	

注：介入导管室穿墙管线采用墙内暗线，以镀锌管铺设，上面覆盖 3mmPb 铅板做补充防护；通风管道与外界接通处均采用 3mm 铅板进行屏蔽补充防护。

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：

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

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拟合参数，对墙体进行进行核算。

④核算结果

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

表 10-5 介入导管室屏蔽核算厚度与 GBZ 130-2020 要求对比表

机房	防护部位	建设单位设计情况	折合铅当量	标准要求	评价
介入导管室 (125kV)	东墙	采用 200mm 加气块砖，内墙附加 3mm 铅板做屏蔽防护	3.0mmPb	≥2.0mmPb	符合标准
	南墙	采用 300mm 多孔砖，内墙附加 3mm 铅板做屏蔽防护	3.0mmPb	≥2.0mmPb	符合标准

	西墙	采用 300mm 多孔砖，内墙附加 3mm 铅板做屏蔽防护		3.0mmPb	≥2.0mmPb	符合标准
	北墙	采用 200mm 加气块砖，内墙附加 3mm 铅板做屏蔽防护		3.0mmPb	≥2.0mmPb	符合标准
	室顶	顶面采取在原建筑（120mm 钢筋混凝土楼板）附加 3mm 铅板做屏蔽防护		4.4mmPb	≥2.0mmPb	防护偏保守，建议适当减薄
	地面	下方无建筑		——	无屏蔽厚度要求	——
	观察窗	4mmPb 铅玻璃		4.0mmPb	≥2.0mmPb	符合标准
	工作人员防护门	4mmPb 手动平开铅防护门		4.0mmPb	≥2.0mmPb	符合标准
	污物通道防护门	4mmPb 手动平开铅防护门		4.0mmPb	≥2.0mmPb	符合标准
	患者出入门	4mmPb 电动推拉铅防护门		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：铅密度不小于 11.34t/m ³ ，混凝土的密度不小于 2.35t/m ³ ，硫酸钡砂密度不小于 2.75t/m ³ ；						

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，即本项目介入导管室屏蔽能力不得低于 2.0mmPb 当量。根据上表核算和对比分析，本项目介入导管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。

10.1.3 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，以多消除软 X 射线以及减少二次散射，优化有用 X 射线谱。设备提供适应 DSA 不同应用时可以选用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 设备床面控制台上及控制室操作台上均设置了急停开关，按下急停按钮，DSA 设备立即停止出束。

（2）闭门、防夹装置

本项目介入导管室设置 3 个防护门，患者进出防护门设计为电动推拉式门，污物间门为手动平开门，工作人员防护门为手动平开门。平开式防护门应设计安装自动闭门装置，电动推拉式防护门设置红外光幕防夹装置。

（3）警示标识

本项目介入导管室患者进出防护门、医护人员进出防护门、污物防护门外醒目位置设置电离辐射警告标志；并在患者进出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，同时在介入导管室周边走廊设置电离辐射危害告知等提示信息。

（4）连锁系统

本项目介入导管室患者进出口防护铅门、工作人员进出口防护铅门及污物通道防护门上设置有门灯连锁系统，防护门外上方设置醒目的工作状态指示灯，灯箱上设置了“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句，在防护门关闭时，指示灯亮，警示无关人员远离该区域。

（5）穿墙管线进出口防护

介入导管室穿墙管线采用墙内暗线，以镀锌管铺设，上面覆盖 3mmPb 铅板做补充防护不影响墙体的屏蔽防护效果。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，但在施工中应采用先进的施工工艺保证施工质量，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。本项目 DSA 机房穿墙管线示意如图 10-4 所示。

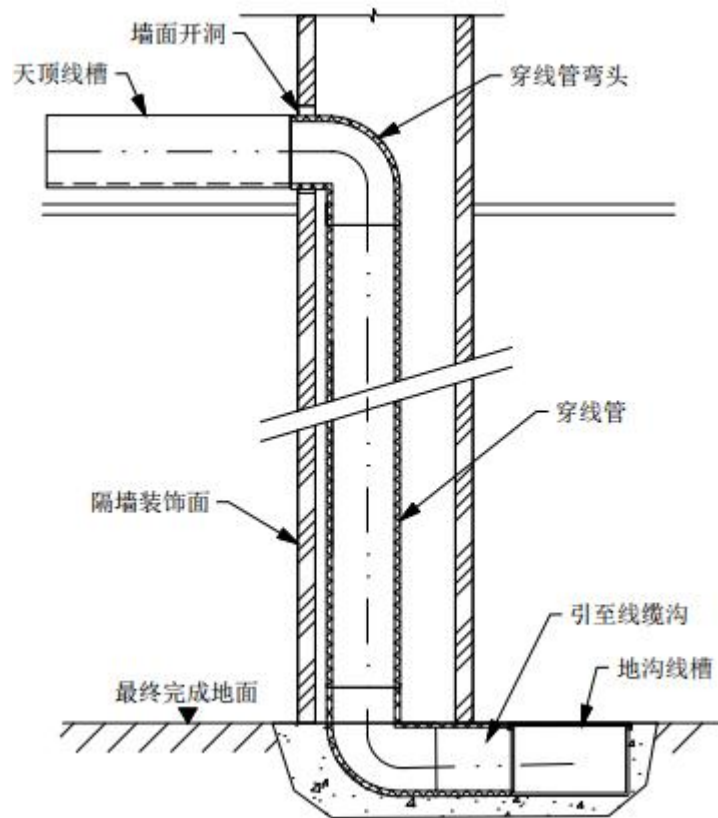
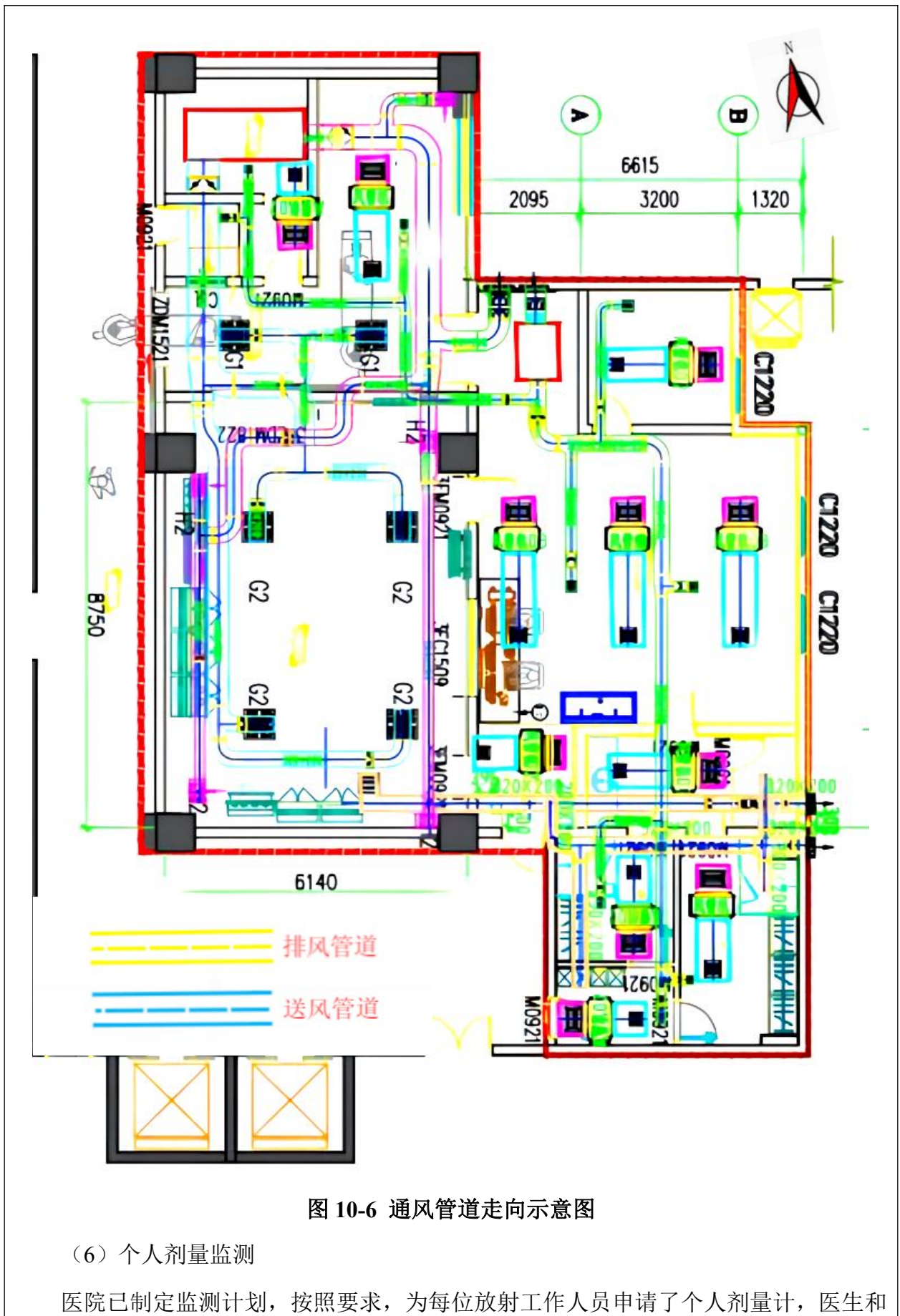


图 10-5 电缆穿墙示意图

(6) 通风

本项目介入导管室采用医用循环空气处理机组进行通风换气，排风量为 $700\text{m}^3/\text{h}$ ，机房内可以保持良好的通风，在机房通风管道与外界接通处均采用 3mm 铅板进行屏蔽补充防护。本项目介入导管室通风管道走向示意图详见图 10-6。



护士每人两枚（铅衣内和铅衣外各 1 枚），操作技师 1 枚，在工作期间必须佩戴。医院定期将个人剂量计送有资质的单位进行检测，目前暂未出具检测报告，后期运行中应将检测结果存入个人剂量监测档案。

(7) 人员培训

本项目已制定《放射防护人员培训制度》，规定辐射工作人员必须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。在培训合格证书届满前应及时学习、参加考核，确保持证上岗。

(9) 监测设备：本项目计划配备 1 台辐射巡测仪，定期对辐射场所周围环境进行监测。

10.1.4 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），本项目拟按照表 10-6 配备防护用品和辅助防护设施。

表 10-6 手术室防护用品及辅助防护设施配备一览表

机房	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
介入导管室	介入防护服、铅橡胶颈套、 铅防护眼镜（≥0.5mmPb） 介入防护手套（≥0.025mmPb） 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（≥0.5mmPb） 选配：移动铅防护屏风 ≥2mmPb	铅橡胶性腺防护围裙 （方形）或方巾、铅 橡胶颈套 （≥0.5mmPb） 选配：铅橡胶帽子	—
	数量满足手术人员需求，至少 4 套	至少 1 套	成人儿童尺寸各 1 套	

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；

10.2 环保措施及其投资估算

本项目总投资 126 万元，环保投资 54.4 万元，占总投资的 43%，环保设施（措施）及其投资估算一览表见表 10-7。

表 10-7 环保设施（措施）及其投资估算一览表

环保设施				投资估算
机房	项目	内容	数量	(万元)
介入导管室	屏蔽防护	DSA 机房满足辐射防护要求的墙体、观察窗、防护门	/	8
	净化设施	DSA 机房及辅助用房的层流净化设施和消防设施改造	/	5
	防护用品 消防设施	医护人员的个人防护用品、患者防护用品	4 套	0.5
		电离辐射警告标志、警示灯等	1 套	0.2
		火灾自动报警装置，灭火器材，应急照明设备	1 套	0.2
	监测设备	便携式辐射监测仪器	1 台	0.2
		个人剂量计(介入医师及护士每人 2 枚，操作技师每人 1 枚)	7 枚	0.3
	环境影响评价	委托编制II类射线装置环境影响评价报告、环境保护 竣工验收报告等	/	10 万
	设备购进	DSA 购进、安装调试，以及机房内线路铺设、清洁、手术室其他配套补充等	1 台	30 万
合计				

10.2 三废治理

①废气

本项目 DSA 手术室采用医用循环空气处理机组进行通风换气，产生的臭氧由通风口连接的通风管道引至室外排放，故排风位置设置合理。

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。生活污水依托市政污水处理厂处理后排入市政管网，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，医疗废物经消毒处理后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

本项目在建设和安装阶段无辐射产生，对周围环境没有辐射影响。

本次评价项目涉及到对新墙体的彻筑、建筑装饰、设备安装等，在项目的建设过程中，应采取污染防治措施，减轻对医院及周边地区的环境影响。项目建设期主要的污染因子有：噪声、废水、固体废弃物和扬尘。

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，但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，因此，施工在合理安排施工时间，夜间禁止高噪声机械作业后，对周围的影响不大。

2.环境空气影响分析

在整个施工期，扬尘来自于材料搬运、装卸和混凝土浇筑等施工活动，由于扬尘源多且分散，属无组织排放。受施工方式、设备、气候等因素制约，产生的随机性和波动性大。但土建工程结束后即可恢复。

3.水环境影响分析

本工程施工污水主要来自少量施工废水。施工废水主要包括砂石料加工水。施工废水含泥沙和悬浮物，直接排出会阻塞排水沟和对附近水体造成污染。对此，施工单位应对施工废水进行妥善处理，在工地适当位置设置简易沉砂池对施工废水进行澄清处理，清水外排，淤泥妥善堆放。

4.固体废物影响分析

施工期间固体废物主要为建筑垃圾。施工过程中的建筑垃圾和生活垃圾必须集中处理，严禁随意堆放和倾倒。生活垃圾应置于医院内部垃圾收集箱内，定期由环卫工人送至附近的垃圾中转站。施工期产生的生活垃圾以及装修垃圾均统一收集后交由市政环卫部门处理。

5.设备安装阶段：本项目 DSA 的安装、调试应请设备厂家专业人员进行，在设备安装调试阶段，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在机房门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。人员离开时机房必须上锁并派

人看守。由于设备的安装和调试均在机房内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可接受的。设备安装过程中，医院方需及时回收包装材料及其它固体废物并作为一般固体废物进行处置，不得随意丢弃。

综上所述，建设工程在施工期的环境影响是短暂的、可逆的，随着施工期的结束而消失。施工单位应严格按照有关规定采取上述措施进行污染防治，并加强监管，使本项目施工对周围环境的影响降低到最小。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 DSA 运行阶段对环境的辐射影响

11.2.1.1 介入导管室关注点辐射水平

依据典型数字减影血管造影设备工作原理，设备图像增强器对 X 射线主束有屏蔽作用。根据《Structural Shielding Design For Medical X-Ray Imaging Facilities》（NCRP147 号出版物）第 4.1.6 节指出，DSA 屏蔽估算时不需要考虑主束照射。因此，评价重点考虑泄漏辐射和散射辐射对周围环境的辐射影响。

根据 DSA 操作规程，手术中 DSA 设备运行分为透视和摄影两种模式。本项目的 DSA 最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA，保守分析，假设本项目 DSA 在透视和摄影两种模式下，均以 125kV 的工作管电压运行，选取 125kV 管电压下散射辐射对应的拟合参数。

脉冲透视模式：本项目的射线装置的滤过材料保守选取 2mmCu，按照《辐射防护导论》（原子能出版社，1991 年出版）附图 3，在连续透视模式下 125kV 管电压距靶 1m 处的输出量为 $0.89\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，预计在连续透视模式下 125kV 管电压，射线装置保守按照 200mA 管电流工作，可得脉冲透视模式下距靶 1m 处的空气比释动能率为 $1.07\times 10^7\mu\text{Gy/h}$ 。

连续透视模式：参考《医用血管造影 X 射线机专用技术条件》（YYT0740-2009）第 5.4.3 节要求，在管电压与管电流的任意组合下，透视入射空气比释动能率应不大于 100mGy/min 。参考《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）第 5.8.3 节要求，介入放射学、近台同室操作用 X 射线设备应配备能阻止使用焦皮距小于 20cm 的装置。保守认为焦皮距为 20cm，可得连续透视模式下距靶 1m 处的空气比释动能率为

$2.40 \times 10^5 \mu\text{Gy/h}$ 。

根据医院提供资料，该台 DSA 每年预计开展 250 台手术，本项目 DSA 开展手术的情况见表 11-1。

表 11-1 各种手术使用 DSA 情况

手术类型	年预计最大手术量（台）	单台手术平均累计曝光时间（min）		年最长出束时间（h）	
		摄影	透视	摄影	透视
心血管介入手术	250	1	25	4.17	104

关注点的选取：分别选取医生手术位、控制室操作位、各防护墙外 30cm 处作为本项目的关注点。

本项目涉及的介入导管室关注点所在位置详见图11-1。

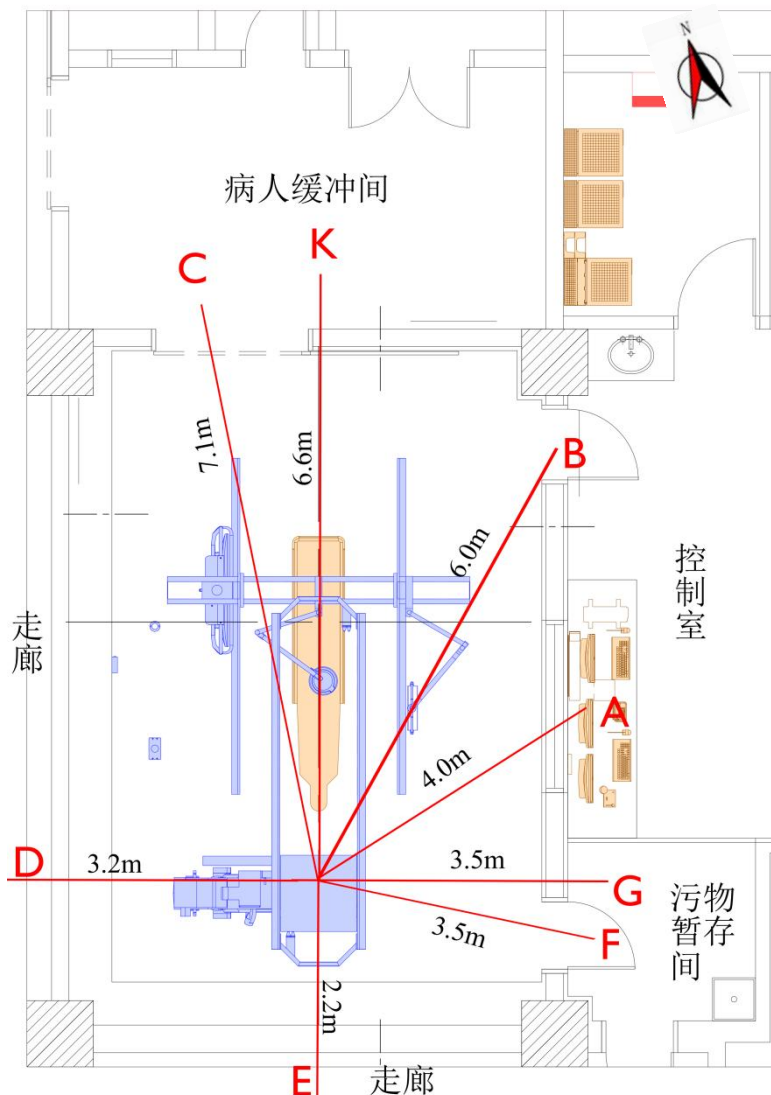
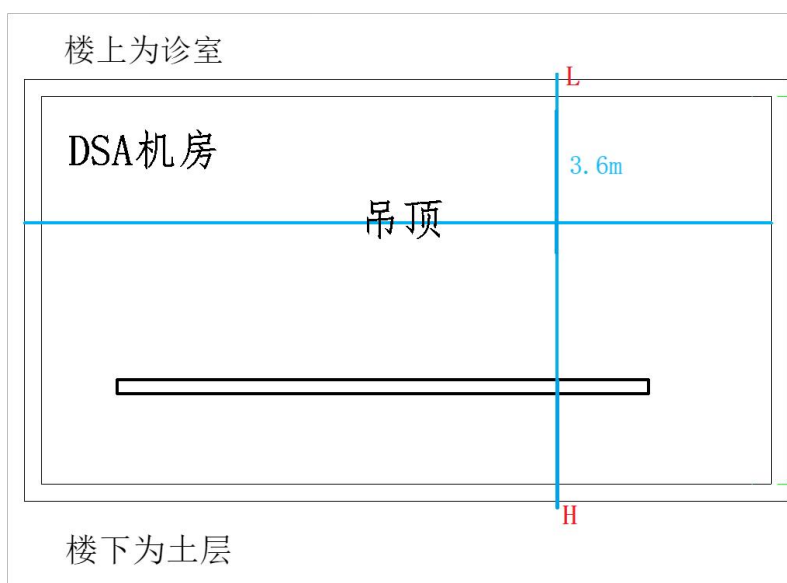


图11-1 介入导管室四周关注点分布图



续图11-1 介入导管室楼上关注点分布图

根据 NCRP147 号报告 4.1.6 节指出，DSA 估算时不需要考虑主束照射，故本项目重点考虑泄露辐射和散射辐射。

(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， $\mu\text{Gy/h}$ ；

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 0.8m；

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。

表 11-2 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
125kV	2.233	7.888	0.7295

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11-3 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	建设单位设计情况	铅当量 (mm)	α	β	γ	B ₁
摄影	控制室操作位	4.0mmPb 铅玻璃	4.0	2.233	7.888	0.7295	1.67E-05
	东侧防护墙外 30cm	200mm 加气块砖墙内附加 3mmPb 铅板做屏蔽防护	3.0				1.56E-04
	南侧防护墙外 30cm	300mm 多孔砖墙内附加 3mmPb 铅板做屏蔽防护	3.0				1.56E-04
	西侧防护墙外 30cm	300mm 多孔砖墙内附加 3mmPb 铅板做屏蔽防护	3.0				1.56E-04
	北侧防护墙外 30cm	200mm 加气块砖墙内附加 3mmPb 铅板做屏蔽防护	3.0				1.56E-04
	楼下 1m 处	——	——				——
	楼上 1m 处	顶面采取在原建筑 (120mm 钢筋混凝土楼板) 附加 3mmPb 铅板做	4.4				6.82E-06

		屏蔽防护					
	工作人员防护门外 30cm	4mmPb 手动铅防护门	4.0				1.67E-05
	患者出入口处防护门 30cm 处	4mmPb 电动推拉铅防护门	4.0				1.67E-05
	污物暂存间防护门外 30cm 处	4mmPb 手动平开铅防护门	4.0				1.67E-05
透视	控制室操作位	4.0mmPb 铅玻璃	4.0	2.233	7.888	0.7295	1.67E-05
	东侧防护墙外 30cm	200mm 加气块砖墙内附加 3mmPb 铅板做屏蔽防护	3.0				1.56E-04
	南侧防护墙外 30cm	300mm 多孔砖墙内附加 3mmPb 铅板做屏蔽防护	3.0				1.56E-04
	西侧防护墙外 30cm	300mm 多孔砖墙内附加 3mmPb 铅板做屏蔽防护	3.0				1.56E-04
	北侧防护墙外 30cm	200mm 加气块砖墙内附加 3mmPb 铅板做屏蔽防护	3.0				1.56E-04
	楼下 1m 处	——	——				——
	楼上 1m 处	顶面采取在原建筑（120mm 钢筋混凝土楼板）附加 3mmPb 铅板做屏蔽防护	4.4				6.82E-06
	工作人员防护门外 30cm	4mmPb 手动铅防护门	4.0				1.67E-05
	患者出入口处防护门 30cm 处	4mmPb 电动推拉铅防护门	4.0				1.67E-05
	污物间防护门外 30cm 处	4mmPb 手动平开铅防护门	4.0				1.67E-05
	第一术者位（铅衣内）	0.5mmPb 辅助防护设施 +0.5mmPb 个人防护用品	1.0				1.70E-02
	第一术者位（铅衣外）	0.5mmPb 辅助防护设施	0.5				7.37E-02
	第一术者位（介入防护手套）	0.025mmPb 介入防护手套	0.025				7.89E-01
	护士操作位（铅衣内）	0.5mmPb 辅助防护设施 +0.5mmPb 个人防护用品	1.0				1.70E-02

护士操作位 (铅衣外)	0.5mmPb 辅助防护设施	0.5					7.37E-02
----------------	----------------	-----	--	--	--	--	----------

注：表 11-3 中 B_1 表示 DSA 所致散射辐射各关注点屏蔽透射因子。

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

机房	工作模式	关注点位	H_0	α	s	d_0	d_s	B_1	H_1
			$\mu\text{Gy/h}$	/	cm^2	m	m	/	$\mu\text{Gy/h}$
介入导管室	摄影	控制室操作位 (A)	1.07×10^7	0.0013	100	0.8	4.0	1.67×10^{-5}	5.67×10^{-3}
		工作人员防护门外 30cm 处 (B)					6.0	1.56×10^{-4}	2.35×10^{-2}
		患者进出防护门外 30cm 处 (C)					7.1	1.56×10^{-4}	1.68×10^{-2}
		西墙外 30cm 处 (D)					3.2	1.56×10^{-4}	8.28×10^{-2}
		南墙外 30cm (E)					2.2	1.56×10^{-4}	1.75×10^{-1}
		污物暂存间防护门外 30cm 处 (F)					3.5	1.67×10^{-5}	7.41×10^{-3}
		东墙外 30cm 处 (G)					3.4	1.56×10^{-4}	7.33×10^{-2}
		北墙外 30cm 处 (K)					6.6	1.67×10^{-5}	2.08×10^{-3}
		楼下 1m 处 (H)					—	—	—
		楼上 1m 处 (L)					3.6	6.82×10^{-6}	2.86×10^{-3}
	透视	控制室操作位 (A)	2.40×10^5	0.0013	100	0.8	4.0	1.67×10^{-5}	1.27×10^{-4}
		工作人员防护门外 30cm 处 (B)					6.0	1.56×10^{-4}	5.28×10^{-4}
		患者进出防护门外 30cm 处 (C)					7.1	1.56×10^{-4}	3.77×10^{-4}
		西墙外 30cm 处 (D)					3.2	1.56×10^{-4}	1.86×10^{-3}
		南墙外 30cm (E)					2.2	1.56×10^{-4}	3.93×10^{-3}
		污物暂存间防护门外 30cm 处 (F)					3.5	1.67×10^{-5}	1.66×10^{-4}
		东墙外 30cm 处 (G)					3.4	1.56×10^{-4}	1.64×10^{-3}

		北墙外 30cm 处 (K)				6.6	1.67E-05	4.67E-05
		楼下 1m 处 (H)				——	——	——
		楼上 1m 处 (L)				3.6	6.82E-06	6.41E-05
		第一术者位 (铅衣内)				1.0	1.70E-02	2.07E+00
		第一术者位 (铅衣外)				1.0	7.37E-02	8.98E+00
		第一术者位 (介入防护手套)				0.3	7.89E-01	1.07E+03
		护士操作位 (铅衣内)				1.2	1.70E-02	1.44E+00
		护士操作位 (铅衣外)				1.2	7.37E-02	6.24E+00

(2) 泄露辐射影响分析

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露辐射剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

H_0 ：距靶 1m 处的剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

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 所致泄露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所致泄露辐射各关注点屏蔽透射因子计算结果

机房	关注点位	建设单位设计情况	铅当量 (mm)	α	β	γ	B_2
介入导管室 (摄)	控制室操作位	4.0mmPb 铅玻璃	4.0	2.233	7.888	0.7295	1.67E-05
	东侧防护墙外 30cm	200mm 加气块砖墙内附加 3mmPb 铅板做屏蔽防护	3.0				1.56E-04

影)	南侧防护墙外 30cm	300mm 多孔砖墙内附加 3mmPb 铅板做屏蔽防护	3.0				1.56E-04
	西侧防护墙外 30cm	300mm 多孔砖墙内附加 3mmPb 铅板做屏蔽防护	3.0				1.56E-04
	北侧防护墙外 30cm	200mm 加气块砖墙内附加 3mmPb 铅板做屏蔽防 护	3.0				1.56E-04
	楼下 1m 处	——	——				——
	楼上 1m 处	顶面采取在原建筑 (120mm 钢筋混凝土楼 板) 附加 3mmPb 铅板做 屏蔽防护	4.4				6.82E-06
	工作人员防护 门外 30cm	4mmPb 手动铅防护门	4.0				1.67E-05
	患者出入口处 防护门 30cm 处	4mmPb 电动推拉铅防护 门	4.0				1.67E-05
污物间防护门 外 30cm 处	4mmPb 手动平开铅防护 门	4.0	1.67E-05				
介入 导管 室 (透 视)	控制室操作位	4.0mmPb 铅玻璃	4.0	2.233	7.888	0.7295	1.67E-05
	东侧防护墙外 30cm	200mm 加气块砖墙内附加 3mmPb 铅板做屏蔽防 护	3.0				1.56E-04
	南侧防护墙外 30cm	300mm 多孔砖墙内附加 3mmPb 铅板做屏蔽防护	3.0				1.56E-04
	西侧防护墙外 30cm	300mm 多孔砖墙内附加 3mmPb 铅板做屏蔽防护	3.0				1.56E-04
	北侧防护墙外 30cm	200mm 加气块砖墙内附加 3mmPb 铅板做屏蔽防 护	3.0				1.56E-04
	楼下 1m 处	——	——				——
	楼上 1m 处	顶面采取在原建筑 (120mm 钢筋混凝土楼 板) 附加 3mmPb 铅板做 屏蔽防护	4.4				6.82E-06
	工作人员防护 门外 30cm	4mmPb 手动铅防护门	4.0				1.67E-05
	患者出入口处 防护门 30cm 处	4mmPb 电动推拉铅防护 门	4.0				1.67E-05
污物间防护门 外 30cm 处	4mmPb 手动平开铅防护 门	4.0	1.67E-05				

第一术者位 (铅衣内)	0.5mmPb 辅助防护设施 +0.5mmPb 个人防护用品	1.0				1.70E-02
第一术者位 (铅衣外)	0.5mmPb 辅助防护设施	0.5				7.37E-02
第一术者位 (介入防护手套)	0.025mmPb 介入防护手套	0.025				7.89E-01
护士操作位 (铅衣内)	0.5mmPb 辅助防护设施 +0.5mmPb 个人防护用品	1.0				1.70E-02
护士操作位 (铅衣外)	0.5mmPb 辅助防护设施	0.5				7.37E-02

注：表 11-5 中 B₂ 表示 DSA 所致泄露辐射各关注点屏蔽透射因子。

各关注点位泄露辐射剂量计算参数及结果见表 11-6。

表11-6 DSA所致各关注点位泄露辐射剂量计算参数

机房	工作模式	关注点位	H ₀	f	R	B ₂	H ₂
			μGy/h	/	m	/	μGy/h
介入导管室	摄影	控制室操作位 (A)	1.07×10 ⁷	0.001	4.0	1.67E-05	5.57E-02
		工作人员防护门外 30cm 处 (B)			6.0	1.67E-05	2.48E-02
		患者进出防护门外 30cm 处 (C)			7.1	1.56E-04	1.56E-01
		西墙外 30cm 处 (D)			3.2	1.56E-04	8.14E-01
		南墙外 30cm (E)			2.2	1.56E-04	1.72E+00
		污物暂存间防护门外 30cm 处 (F)			3.5	1.67E-05	7.28E-02
		东墙外 30cm 处 (G)			3.4	1.56E-04	7.21E-01
		北墙外 30cm 处 (K)			6.6	1.67E-05	2.05E-02
		楼下 1m 处 (H)			—	—	—
		楼上 1m 处 (L)			3.6	6.82E-06	2.81E-02
	透视	控制室操作位 (A)	2.40×10 ⁵	0.001	4.0	1.67E-05	2.51E-04
		工作人员防护门外 30cm 处 (B)			6.0	1.91E-07	1.11E-04
		患者进出防护门外 30cm 处 (C)			7.1	1.91E-07	7.43E-04
		西墙外 30cm 处 (D)			3.2	1.67E-05	3.66E-03
南墙外 30cm (E)		2.2			1.91E-07	7.74E-03	

	污物暂存间防护门外 30cm 处 (F)		3.5	1.91E-07	3.27E-04
	东墙外 30cm 处 (G)		3.4	1.67E-05	3.24E-03
	北墙外 30cm 处 (K)		6.6	1.67E-05	9.20E-05
	楼下 1m 处 (H)		—	—	—
	楼上 1m 处 (L)		3.6	9.13E-07	1.26E-04
	第一术者位 (铅衣内)		1.0	1.70E-02	4.08E+00
	第一术者位 (铅衣外)		1.0	7.37E-02	1.77E+01
	第一术者位 (介入防护手套)		0.3	7.89E-01	2.13E+03
	护士操作位 (铅衣内)		1.2	1.70E-02	2.83E+00
	护士操作位 (铅衣外)		1.2	7.37E-02	1.23E+01

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 各个关注点的总附加剂量率

机房	工作模式	关注点位	散射辐射剂量率 μGy/h	泄露辐射剂量率 μGy/h	附加剂量率 μGy/h
介入 导管 室	摄影	控制室操作位 (A)	5.67E-03	5.57E-02	6.14E-02
		工作人员防护门外 30cm 处 (B)	2.35E-02	2.48E-02	4.83E-02
		患者进出防护门外 30cm 处 (C)	1.68E-02	1.56E-01	1.82E-01
		西墙外 30cm 处 (D)	8.28E-02	8.14E-01	8.96E-01
		南墙外 30cm (E)	1.75E-01	1.72E+00	1.90E+00
		污物暂存间防护门外 30cm 处 (F)	7.41E-03	7.28E-02	8.02E-02
		东墙外 30cm 处 (G)	7.33E-02	7.21E-01	7.94E-01
		北墙外 30cm 处 (K)	2.08E-03	2.05E-02	2.26E-02
		楼下 1m 处 (H)	—	—	—
		楼上 1m 处 (L)	2.86E-03	2.81E-02	3.10E-02
	透视	控制室操作位 (A)	1.27E-04	2.51E-04	3.78E-04
		工作人员防护门外 30cm 处 (B)	5.28E-04	1.11E-04	6.39E-04

	患者进出防护门外 30cm 处 (C)	3.77E-04	7.43E-04	1.12E-03
	西墙外 30cm 处 (D)	1.86E-03	3.66E-03	5.51E-03
	南墙外 30cm (E)	3.93E-03	7.74E-03	1.17E-02
	污物暂存间防护门外 30cm 处 (F)	1.66E-04	3.27E-04	4.93E-04
	东墙外 30cm 处 (G)	1.64E-03	3.24E-03	4.88E-03
	北墙外 30cm 处 (K)	4.67E-05	9.20E-05	1.39E-04
	楼下 1m 处 (H)	——	——	——
	楼上 1m 处 (L)	6.41E-05	1.26E-04	1.90E-04
	第一术者位 (铅衣内)	2.07E+00	4.08E+00	6.15E+00
	第一术者位 (铅衣外)	8.98E+00	1.77E+01	2.67E+01
	第一术者位 (介入防护手套)	1.07E+03	2.13E+03	3.2E+03
	护士操作位 (铅衣内)	1.44E+00	2.83E+00	4.27E+00
	护士操作位 (铅衣外)	6.24E+00	1.23E+01	1.85E+01

由表 11-7 计算结果可知, 正常运行情况下, 介入导管室外关注点处的周围剂量当量率估算结果在使用 DSA 时, 均能够满足《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 2.5 μ Sv/h 的标准限值。

11.2.1.2 年附加有效剂量估算

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

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: μ Gy/h;

t : 辐射照射时间, 单位: h;

K : 吸收剂量对有效剂量当量的换算系数, 1.20Sv/Gy。

居留因子参考《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020)附录 A, 详见表 11-8。

表 11-8 不同场所的居留因子

场所	居留因子		示例
	典型值	范围	
全居留	1	1	管理人员或职员办公室、治疗计划区、治疗控制室、护士站、移动式电子加速器的相邻手术室与诊室、咨询台、有人护理的候诊室以及周边建筑中的驻留区
部分居留	1/4	1/2~1/5	1/2: 与屏蔽室相邻的患者检查室
			1/5: 走廊、工作人员休息室
偶然居留	1/16	1/8~1/40	1/8: 各治疗机房房门外 30cm 处、相邻的（共用屏蔽墙）放射诊疗机房 1/20: 公厕、自动售货区、储藏室、设有座椅的户外区域、无人护理的候诊室、病人滞留区域、屋顶、门岗室 1/40: 仅有来往行人车辆的户外区域、无人看管的停车场、车辆自动卸货区域、楼梯、无人看管的电梯

根据表 11-1 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 年附加有效剂量估算结果

机房	工作模式	关注点位	附加剂量率 $\mu\text{Gy/h}$	年工作时间 h	T	附加年有效剂量 mSv	涉及人员
介入导管室	摄影	控制室操作位 (A)	6.14E-02	4.17	1	2.56E-04	职业人员
		工作人员防护门外 30cm 处 (B)	4.83E-02		1	2.01E-04	
		北墙外 30cm 处 (K)	1.82E-01		1/4	1.90E-04	公众人员
		西墙外 30cm 处 (D)	8.96E-01		1/2	9.34E-04	
		南墙外 30cm (E)	1.90E+00		1/2	1.98E-03	
		污物暂存间防护门外 30cm 处 (F)	8.02E-02		1/8	4.18E-05	
		东墙外 30cm 处 (G)	7.94E-01		1/8	4.14E-04	
		患者进出防护门外 30cm 处 (C)	2.26E-02		1/8	2.35E-05	
		楼下 1m 处 (H)	——		——	——	
		楼上 1m 处 (L)	3.10E-02		1/4	3.23E-05	
	透视	控制室操作位 (A)	3.78E-04	104.17	1	3.93E-05	职业人员
工作人员防护门外 30cm 处 (B)		6.39E-04	1		6.66E-05		

	北墙外 30cm 处 (K)	1.12E-03		1/4	2.92E-05	公众人员
	西墙外 30cm 处 (D)	5.51E-03		1/2	1.44E-04	
	南墙外 30cm (E)	1.17E-02		1/2	3.04E-04	
	污物暂存间防护门外 30cm 处 (F)	4.93E-04		1/8	6.42E-06	
	东墙外 30cm 处 (G)	4.88E-03		1/8	6.36E-05	
	患者进出防护门外 30cm 处 (C)	1.39E-04		1/8	1.81E-06	
	楼下 1m 处 (H)	——		——	——	
	楼上 1m 处 (L)	1.90E-04		1/4	4.96E-06	
注：吸收剂量对有效剂量当量的换算系数，1.20Sv/Gy。						

各关注点位年附加有效剂量估算结果汇总于表 11-10。

表 11-10 年附加有效剂量汇总表

机房	关注点位	摄影年有效剂量 mSv	透视年有效剂量 mSv	附加年有效剂量 mSv	涉及人员
介入导管室	控制室操作位 (A)	2.56E-04	3.93E-05	2.95E-04	职业人员
	工作人员防护门外 30cm 处 (B)	2.01E-04	6.66E-05	2.68E-04	
	北墙外 30cm 处 (K)	1.90E-04	2.92E-05	2.19E-04	公众人员
	西墙外 30cm 处 (D)	9.34E-04	1.44E-04	1.08E-03	
	南墙外 30cm (E)	1.98E-03	3.04E-04	2.28E-03	
	污物暂存间防护门外 30cm 处 (F)	4.18E-05	6.42E-06	4.82E-05	
	东墙外 30cm 处 (G)	4.14E-04	6.36E-05	4.77E-04	
	患者进出防护门外 30cm 处 (C)	2.35E-05	1.81E-06	2.53E-05	
	楼下 1m 处 (H)	——	——	——	
	楼上 1m 处 (L)	3.23E-05	4.96E-06	3.72E-05	

根据表 11-10，本项目 DSA 正常运行后，介入导管室外职业人员估算最大年有效剂量为 2.95E-04mSv，公众人员最大年有效剂量为 2.28E-03mSv。则本项目机房外公众成员年有效剂量均低于年职业人员年有效剂量 0.25mSv 的剂量约束限值，且均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的规定。

11.2.1.3 机房内医护人员的辐射影响

本项目医用 DSA 拟配备 4 名手术人员，其中介入医生 2 名，技师 1 名，护士 1 名。在进行介入手术时，有 1~2 名医生和 1 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，根据建设单位提供信息，曝光时护士通常不在手术室内，接触射线时间一般不高于医生。根据医院提供信息，新增本项目 DSA 后，预计每名介入医生每年最多参与 250 台介入手术，每台手术近台透视时间保守按 25min 考虑，则年透视时间为 104.17h。

根据《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2019)，介入工作人员年有效剂量计算公式为：

$$E = \alpha H_u + \beta H_0, \quad (\text{式 11-5})$$

H_u ：铅衣内受照剂量, mSv；

H_0 ：铅衣外受照剂量, mSv。

α ：系数，有甲状腺屏蔽时，取 0.79；

β ：系数，有甲状腺屏蔽时，取 0.051。

手术室内手术医生近台同室操作所受到的年有效剂量估算结果如表 11-11 所示。

表 11-11 机房内医护人员年有效剂量分析

手术类型	人员类型	\dot{H} (铅衣内) / $\mu\text{Sv/h}$	\dot{H} (铅衣外) / $\mu\text{Sv/h}$	α	β	t (h)	$H_u(\text{mSv})$ 铅衣内	$H_0(\text{mSv})$ 铅衣外	E(mSv)
心血管介入手术	手术医师	6.15E+00	2.67E+01	0.79	0.051	104.17	7.69E-01	3.33E+00	0.648
	手术护士	4.27E+00	1.85E+01	0.79	0.051	104.17	5.34E-01	2.32E+00	0.450

通过上述理论计算的分析可知，介入工作人员在确保铅衣、铅帽、铅手套等防护用品正常使用的情况下，手术室内近台同室操作的医生和护士年有效剂量均符合剂量约束值 5mSv/a 的要求，同时满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 的要求。

根据表 11-7 估算可知，术者手部剂量率为 3.2E+03 $\mu\text{Sv/h}$ ，保守估计手术时手部暴露在射线下的时间为 20h，则手部累积受照剂量为 62mSv/a，低于四肢年管理剂量约束值 125mSv/a 的要求，同时满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

的要求。

以上工作人员的受照剂量均保守估算，考虑到建设单位手术量较大，项目建成后应适当增加 DSA 手术室工作人员，保证工作人员的受照剂量在国家标准限值内。介入工作人员应执行双剂量计及个人剂量监测制度，并建立个人健康档案管理制度。

（2）公众人员

本项目中介入导管室涉及的公众人员个人剂量理论计算结果中最大剂量为 $4.56E-03mSv/a$ ，故本项目中介入导管室涉及的公众人员个人剂量理论计算结果均低于评价提出的 $0.25mSv/a$ 的约束限值要求。

11.3 其他环境影响分析

（1）废气环境影响分析

本项目介入导管室采用医用循环空气处理机组进行通风换气，可保持良好通风，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。

（2）废水环境影响

本项目不使用废显影液和定影液，因此本项目无洗片废水、废定（显）影液产生。本项目生活污水依托现有污水处理设施。

（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，打印出来的胶片由病人带走。本项目不涉及洗片，不会产生废弃 X 光片。本项目每年约产生医疗废物 $125kg/a$ ，采用专门的收集容积集中回收后，转移至医疗废物暂存间，按照医疗废物执行转移联单制度，由有回收医疗废弃物资质的单位定期统一回收处理；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 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。

11.4.2 辐射事故应急处理领导小组

为规范强化应对突发辐射事故的应急处置能力，提高医院职工对辐射事故应急防范的意识，将辐事故造成的损失和污染后果降低到最小程度，最大限度地保障放射工作人员与公众的安全，维护正常和谐的放射诊疗秩序，做到对辐射事故早发现、速报告、快处理，建立快速反应机制。依据相关法律法规，结合实际情况，制定《辐射事故应急处置预案》。

医院辐射事故应急工作按照《辐射事故应急处置预案》进行，并设置兼职工作人员负责医院放射事件应急处理。

11.4.3 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。

11.4.4 事故情况下受照剂量分析

结合事故风险识别内容, 假设事故状态下受照射人员处于主束照射方向且无其他防护措施的情况。事故发生后, 手术室内人员按下紧急停机开关, 迅速撤离手术室, 或控制室工作人员按下紧急停机开关。根据前述可知, H_0 : 距靶 1m 处的剂量率, $\mu\text{Gy/h}$; 管电压 125kV 时, 摄影工况 H_0 取 $1.07 \times 10^7 \mu\text{Gy/h}$, 透视工况 H_0 取 $2.40 \times 10^5 \mu\text{Gy/h}$, 本次估算保守按摄影工况 H_0 取 $1.07 \times 10^7 \mu\text{Gy/h}$ 。

计算不同居留条件对人员造成的事故照射剂量情况如表 11-12 所示。

表 11-12 不同居留条件下事故照射剂量 (Gy/h)

H_0 (Gy/h)	时间 (s)	1	5	10	15
	距离 (m)				
10.7	1	2.97E-03	1.49E-02	2.97E-02	4.46E-02
	2	7.43E-04	3.72E-03	7.43E-03	1.11E-02
	3	3.30E-04	1.65E-03	3.30E-03	4.95E-03

综上所述, 项目可能发生的事故为射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射, 属于一般辐射事故。工作人员平时必须严格执行各项管理制度, 严格遵守设备的操作规程, 进行辐射工作前按要求穿戴好各种辐射防护用品, 并定期检查介入手术室的防护性能, 及有关的安全警示标志是否正常工作, 避免无关人员误入正在使用的 DSA 介入手术室。

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

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

(6) 介入导管室门外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。

11.4.6 事故应急措施

一旦发生辐射事故，处理的原则是：

(1) 第一时间断开电源，停止 X 射线的产生。

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

(3) 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。

(4) 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。

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

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

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》《放射性同位素和射线装置安全和防护条例》《放射诊疗管理规定》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》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。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更新“宁夏宝石花医院辐射安全与防护管理领导小组”，并制定相关的规章制度，严格落实各项规章制度。

12.1.2 辐射工作人员

建设单位拟配置 4 名（包括 1 名内科医师、1 名影像医师、1 名护士、1 名技师）介入辐射工作人员。人员情况见表 1-3。

新增 4 名工作人员拟计划参与核技术利用辐射安全与防护考核，医院应对所有辐射工作人员制定培训计划，取得培训合格成绩单后持证上岗。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) 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》，医院应当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

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准，对本单位的辐射工作人员进行个人剂量监测；发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。应当安排

专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案；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。辐射工作人员有权查阅和复制本人的个人剂量档案；辐射工作人员调换单位的，原用人单位应当向新用人单位或者辐射工作人员本人提供个人剂量档案的复制件。根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）的规定，职业照射个人剂量档案终身保存。

在原有的核技术利用项目管理中，建设单位执行了工作人员个人剂量监测计划，按要求保存好辐射工作人员的个人剂量档案。建设单位委托广州南大康德信检测技术有限责任公司对辐射工作人员进行个人剂量监测，工作人员按要求佩戴检测机构发放的个人剂量计上岗，定期回收读出个人有效剂量，监测周期为3个月，按要求建立个人剂量档案及职业健康档案。参加DSA介入手术的工作人员佩戴2个人剂量计，在胸前铅衣内和铅衣外各佩戴一个剂量计上岗。

12.3.2 工作场所辐射环境监测

医院为项目所在科室拟配置1台X- γ 辐射剂量率监测仪监测设备的性能要求，定期按照如下要求对工作场所的X射线周围剂量当量率进行自主监测。

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监管系统。

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1次/6个月，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：监测布点应按照GBZ130-2020的要求执行。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。建设单位监测计划如表12-1所示。

表 12-1 辐射工作场所监测计划

项目	监测内容	监测点位	监测条件	监测周期	
				自行监测	委托监测
DSA	X 射线周围 剂量当量率	距机房四面墙体、门、窗外 30cm 处，机房上方距离顶棚地面 1m 处，下方距离楼下地面 1.7m 处	自动（标准水模 +1.5mm 铜板）	1 次/6 个月	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。

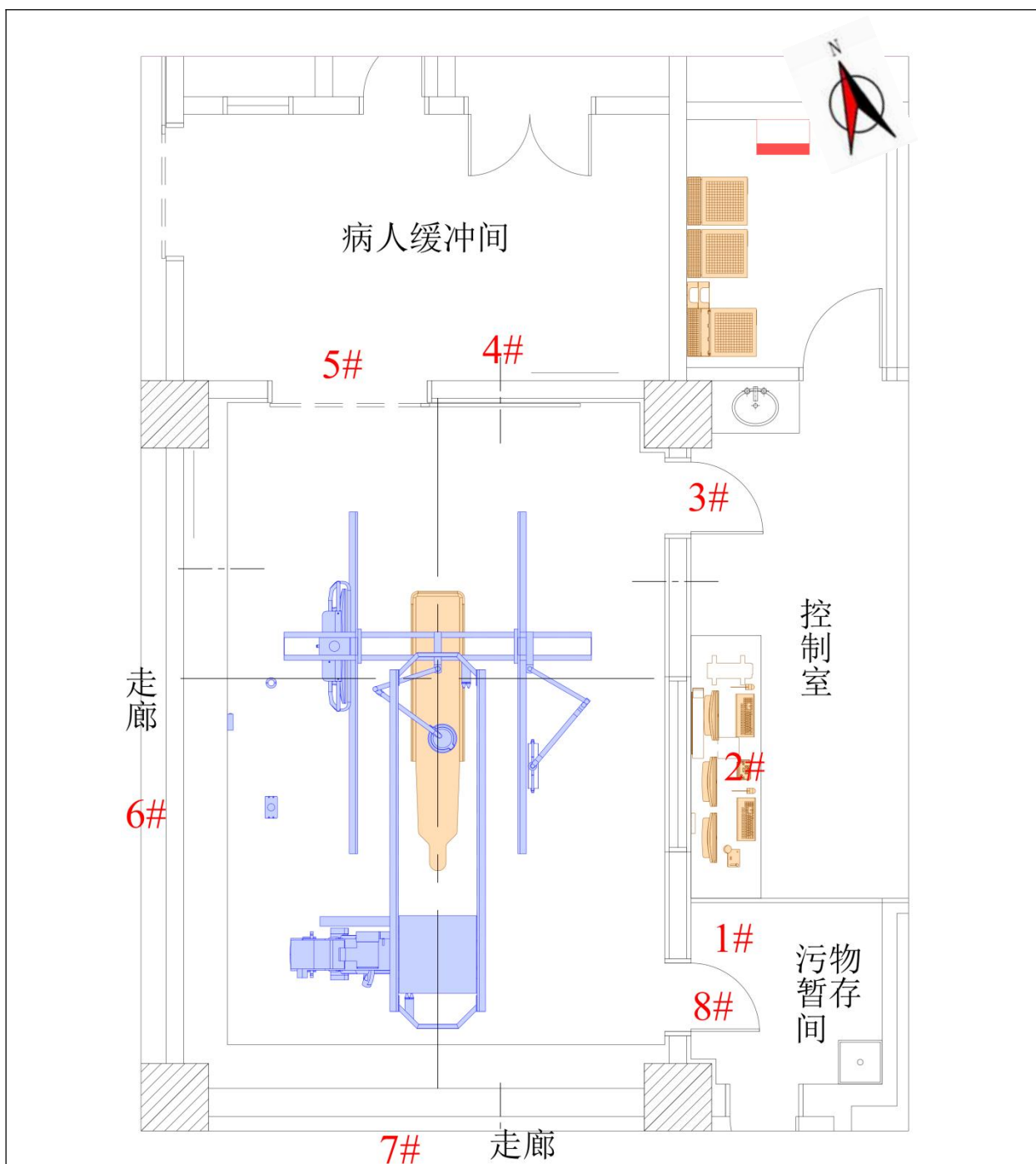


图 12-1 拟建介入导管室自主监测点位布置图

表 12-2 医院验收监测及自主布点方案

机房名称	序号	点位描述	监测频次	评价标准 ($\mu\text{Sv/h}$)
介入导管室	1#	东墙外 30cm 处	定期监测	≤ 2.5
	2#	控制室工位处	定期监测	≤ 2.5
	3#	工作人员防护门外 30cm 处	定期监测	≤ 2.5
	4#	北墙外 30cm 处	定期监测	≤ 2.5
	5#	患者进出防护门外 30cm 处	定期监测	≤ 2.5

6#	西墙 30cm 处	定期监测	≤ 2.5
7#	南墙 30cm 处	定期监测	≤ 2.5
8#	污物暂存间防护门外 30cm 处	定期监测	≤ 2.5
9#	机房楼上 1m 处	定期监测	≤ 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，宁夏宝石花医院根据本项目实际情况及医院已开展放射诊疗情况成立放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，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办法》要求，放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

作人员健康要求》确定是否适合从事放射性工作，有效保护放射工作人员的身心健康。

医院应根据相关法律法规及标准要求组织该项目放射工作人员进行上岗前职业健康检查，并建立健康档案，待检查结果为“可从事放射性工作”或“可继续原放射工作”后方可从事该项目放射诊疗工作。

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，建设单位应按照国家环境保护行政主管部门规定的标准和程序，在三个月内（最长不超过六个月）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	机房观察窗、防护门、防护墙等	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》
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
		个人剂量检测	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	根据报告表应该完善的污染防治措施要求，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	应在手术门及场所外设立电离辐射标志，并设醒目的工作状态指示灯；门灯联锁的有效性；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，建议 DSA 手术医生、护士佩戴双剂量计，操作技师佩戴单剂量计
		防护用品和辅助防护设施	应参照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）为放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；公众人员受到的附加年有效剂量应低于管理限值 0.25mSv 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》（GBZ130-2020）中规定的 2.5 μ Sv/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

宁夏宝石花医院拟增加的辐射性医疗设备、设施用于介入手术，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，其产生的社会效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

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）》，本项目属鼓励类第十三项“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”项目，属于国家鼓励类产业，符合国家现行产业政策。

13.1.3 选址的合理性

本项目新增 DSA 核技术利用项目位于医院内部，不新增土地。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

本项目介入导管室周围1-24号室内监测点位的环境 γ 辐射剂量率在 $(0.061\pm 0.006)\mu\text{Gy/h}$ 至 $(0.092\pm 0.015)\mu\text{Gy/h}$ 之间，25-28号室外监测点位的环境 γ 辐射剂量率为 $(0.077\pm 0.011)\mu\text{Gy/h}$ 至 $(0.104\pm 0.008)\mu\text{Gy/h}$ 之间。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 $62.3-137.8\text{nGy/h}$ 。由此可知项目所在地的环境 γ 辐射剂量率在当地环境本底水平范围内。

13.1.5 辐射防护措施有效性

根据医院提供的防护设计资料，经分析，介入导管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 0.25mSv），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，宁夏宝石花医院新增介入导管室项目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，逐级强化责任，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；取得环评报告表批复后，应及时向省生态环境厅申请重新办理《辐射安全许可证》。

13.2.2 承诺

为保护环境，保障人员健康，宁夏宝石花医院承诺：

（1）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，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的自觉性，杜绝辐射事故的发生。

（2）建立新增辐射工作人员健康档案，落实辐射工作人员辐射安全培训、职业健康检查及个人剂量监测等内容，制定外聘专家管理制度，并配备个人剂量计。

（3）定期进行防护安全检查，发现问题及时解决，以防止辐射照射事故发生。

（4）医院应将辐射事故应急预案装裱上墙，每年至少组织一次预案培训工作，并定期进行应急演练。

（5）应当编写放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告，于每年 1 月 31 日前报原发证机关。

（6）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。

(7) 按《放射性同位素与射线装置安全与防护管理办法》（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。

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

(9) 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。