
核技术利用建设项目

中日友好医院云南医院
新增 1 台 DSA 核技术利用项目
环境影响报告表
(公示本)

中日友好医院云南医院

二〇二五年十二月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

中日友好医院云南医院
新增 1 台 DSA 核技术利用项目
环境影响报告表

建设单位名称：中日友好医院云南医院

建设单位法人代表（签名或签章）：

邮政编码：

联系人：

电子邮箱：

联系电话：

目 录

表 1	项目基本情况.....	1
表 2	放射源.....	15
表 3	非密封放射性物质.....	15
表 4	射线装置.....	16
表 5	废弃物（重点是放射性废物）.....	17
表 6	评价依据.....	18
表 7	保护目标及评价标准.....	21
表 8	环境质量和辐射现状.....	25
表 9	项目工程分析与源项.....	32
表 10	辐射安全与防护.....	38
表 11	环境影响分析.....	52
表 12	辐射安全管理.....	76
表 13	结论与建议.....	86
表 14	审批.....	91

附图

- 附图 1 项目地理位置图；
- 附图2-1 中日友好医院云南医院外环境关系图；
- 附图2-2 中日友好医院云南医院平面布置及评价范围图；
- 附图 3 本项目 DSA 机房现状平面图；
- 附图 4 本项目 DSA 机房建成后平面图；
- 附图 5 本项目 DSA 机房所在呼吸中心第一住院楼二层平面图；
- 附图 6 本项目 DSA 机房所在呼吸中心第一住院楼一层平面图；
- 附图 7 本项目 DSA 机房所在呼吸中心第一住院楼三层平面图；
- 附图 8 本项目 DSA 机房剖面图；
- 附图 9 本项目 DSA 机房两区划分示意图；
- 附图 10 本项目医护人员、病人及污物在 DSA 复合手术室所在呼吸中心二层运行路径；
- 附图 11 本项目 DSA 机房拟采取的辐射安全防护措施；
- 附图 12 本项目 DSA 电缆桥架安装布局图；
- 附图 13 本项目通排风系统布局图；
- 附图 14 本项目风管及电缆桥架穿墙防护示意图。

附件

- 附件 1 委托书；
- 附件 2 事业单位法人证书（正副本）；
- 附件 3 关于中日友好医院云南医院运营管理模式的情况说明；
- 附件 4 本项目主体工程环评批复；
- 附件 5 云南省第一人民医院关于调整放射防护与辐射安全管理委员会的通知
- 附件 6 辐射安全管理规章制度；
- 附件 7 辐射事故应急预案；
- 附件 8 本项目辐射工作人员辐射安全培训证书；
- 附件 9 本项目辐射环境监测报告；
- 附件 10 技术参数说明

表 1 项目基本情况

建设项目名称		中日友好医院云南医院新增 1 台 DSA 核技术利用项目			
建设单位		中日友好医院云南医院			
法人代表		邹弘驹	联系人		
注册地址		云南省昆明市官渡区金马街道办事处 (官渡区金马凉亭片区东三环以西, 金马路以北)			
项目建设地点		昆明市官渡区凉亭片区, 东三环以西, 金马路以北中日友好医院云南医院呼吸中心第一住院楼二层预留 DSA 机房内			
立项审批部门		/	批准文号	/	
建设项目总投资 (万元)		779.8	项目环保投资 (万元)	45.1	投资比例 (环保投资/总投资) 5.8%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它		占地面积 (m ²)	91.39
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> II <input type="checkbox"/> III <input type="checkbox"/> IV <input type="checkbox"/> V		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I (医疗使用) <input type="checkbox"/> II <input type="checkbox"/> III <input type="checkbox"/> IV <input type="checkbox"/> V		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II <input type="checkbox"/> III		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II <input type="checkbox"/> III		
<input checked="" type="checkbox"/> 使用		<input checked="" type="checkbox"/> II <input type="checkbox"/> III			
其它	/				

项目概述

1 概述

(1) 建设单位简介

中日友好医院云南医院是中日友好医院、云南省人民政府合作共建的国家呼吸区域医疗中心建设单位，2019年12月中日友好医院分别与云南省人民政府、云南省第一人民医院签署了合作共建协议，协议中明确：国家呼吸区域医疗中心实行“统一管理、资源共享、独立经营、单独核算”，由云南省第一人民医院主建、主营、主管，中日友好医院给予业务、技术支持。2023年5月29日中共云南省委机构编制委员会下达关于成立中日友好医院云南医院有关事项的批复，明确中日友好医院云南医院为卫生健康委所属公益二类事业单位，机构规格正处级，共有8个内设机构。2024年7月17日中共云南省卫生健康委党组任命中日友好医院云南医院班子成员，11月18日获批中日友好医院云南医院法人证，2025年6月4日再次获批设置医疗机构批准书。

(2) 云南省昆华国际医院简介

中日友好医院云南医院前期是以“云南省昆华国际医院（呼吸区域医疗中心 云南省第一人民医院东院）建设项目”开展立项、环评等前期手续。云南省昆华国际医院（呼吸区域医疗中心 云南省第一人民医院东院）由云南省第一人民医院承建；于2020年4月取得《云南省发展和改革委员会关于云南省昆华国际医院（呼吸区域医疗中心 云南省第一人民医院东院）建设项目可行性研究报告的批复》（云发改社会〔2020〕396号）。

云南省昆华国际医院（呼吸区域医疗中心 云南省第一人民医院东院）分两期建设，一期为呼吸区域医疗中心：包括传染病防治综合楼、呼吸中心第一住院楼、呼吸中心第二住院楼；二期为云南省第一人民医院东院：包括第二综合住院楼、急门诊住院综合楼（包含第一综合住院楼）、妇女儿童中心、行政科研教学楼、学术报告厅、后勤楼、污水处理站、生活垃圾房、液氧站等。云南省昆华国际医院（呼吸区域医疗中心 云南省第一人民医院东院）建设项目环境影响报告书已于2022年4月12日取得了昆明市生态环境局官渡分局的批复，批复文号为：官环评审[2022]006号。目前医院正在建设中。

(3) 项目由来

云南省第一人民医院承建的云南省昆华国际医院（呼吸区域医疗中心 云南省第一人民医院东院）是本项目依托的主体建设工程，即是现在的中日友好医院云南医院。为更好地满足病人多层次、多方位、高质量和文明便利的就诊需求，根据医院规划，本次在中日友好医院云南

医院呼吸中心第一住院楼二层预留 DSA 机房内新增 1 台数字减影血管造影机（DSA），属于 II 类射线装置。

为加强核技术应用医疗设备的辐射环境管理，防止辐射污染和意外事故的发生，确保相关医疗设备的使用不对周围环境和工作人员及公众产生不良影响，根据《中华人民共和国环境保护法》、《放射性同位素与射线装置防护条例》、《中华人民共和国环境影响评价法》和《中华人民共和国放射性污染防治法》等相关法律法规要求，建设方须对该项目进行环境影响评价，编制环境影响评价文件。

根据中华人民共和国生态环境部第 16 号令《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），本项目为“使用 II 类射线装置”的核技术应用项目，应编制环境影响报告表。四川省自然资源实验测试研究中心（四川省核应急技术支持中心）接受云南省第一人民医院的委托后，通过现场勘察、收集资料等工作，结合本项目的特点，按照国家有关技术规范要求，编制完成《中日友好医院云南医院新增 1 台 DSA 核技术利用项目环境影响报告表》。

2、建设项目概况

（1）项目名称、地点、建设单位及性质

项目名称：中日友好医院云南医院新增 1 台 DSA 核技术利用项目

建设地点：昆明市官渡区凉亭片区，东三环以西，金马路以北中日友好医院云南医院呼吸中心第一住院楼二层预留 DSA 机房内

建设单位：中日友好医院云南医院

建设性质：新建

（2）建设规模

本项目拟在中日友好医院云南医院呼吸中心第一住院楼二层预留的 DSA 机房内，新增 1 台数字减影血管造影机（DSA），属于 II 类射线装置。

本项目拟购 1 台飞利浦 Azurion 7M20 型数字减影血管造影机（DSA），额定管电压为 125kV，额定管电流为 1000mA，属于 II 类射线装置。DSA 设备主要由 X 射线球管、高压发生器、探测器、C 型臂、导管床、操作台、影像增强器和电视摄像系统及图像处理系统等组成。

目前，DSA 复合手术室所在的呼吸中心第一住院楼正在进行装修建设，尚未投入使用。本项目所在的预留 DSA 机房尚未开始屏蔽防护装修。本项目不改变原有布局，本次仅涉及屏蔽防护装修。

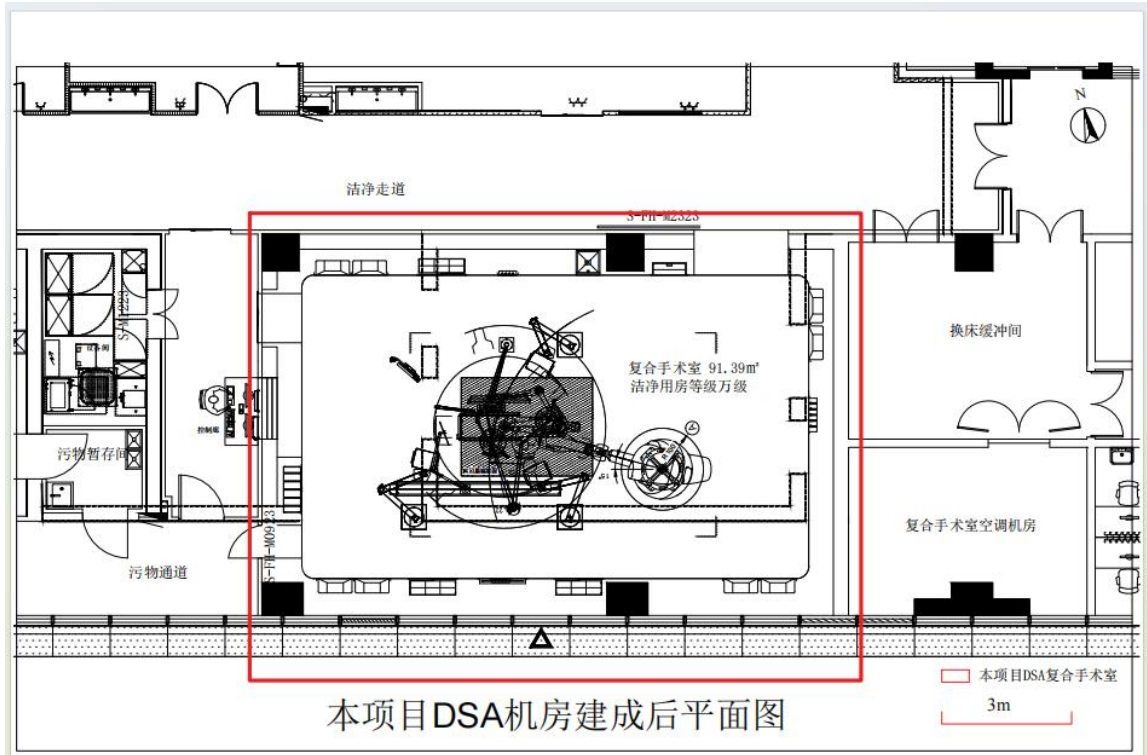


图 1-1 DSA 复合手术室建成后平面布局图



图 1-2 预留 DSA 机房现状照片

射线装置工作场所建设内容见表 1-1。

表 1-1 项目射线装置建设内容表

射线装置型号及名称	生产厂家	射线装置类别	射线装置数量(台)	工作场所名称	活动种类	备注
Azurion 7M20 型数字减影血管造影机(DSA)	飞利浦	II类	1	呼吸中心第一住院楼二层 DSA 复合手术室	使用	拟购

本项目组成及主要环境问题见表 1-2。

表 1-2 项目组成及主要的环境问题表

名称	建设内容及规模	可能产生的环境问题	
		施工期	运营期
主体工程	<p>本项目拟在中日友好医院云南医院呼吸中心第一住院楼二层预留 DSA 机房，新增 1 台数字减影血管造影机（DSA），属于 II 类射线装置。</p> <p>（1）新增 1 台飞利浦 Azurion 7M20 型数字减影血管造影机（DSA）：额定管电压均为 125kV，额定管电流均为 1000mA，属于 II 类射线装置。DSA 设备主要由 X 射线球管、高压发生器、探测器、C 型臂、导管床、操作台、影像增强器和电视摄像系统及图像处理系统等组成。</p> <p>（2）DSA 复合手术室：有效面积为 91.39m²（净空长 12.35m×宽 7.4m×高 3m）。</p>	<p>施工扬尘、废水、噪声、废渣和装修废气等以及安装调试过程中的 X 射线、臭氧。</p>	<p>X 射线、臭氧、噪声、医疗废物、医疗废水</p>
辅助工程	<p>（1）DSA 辅助用房：控制室、设备间、污物暂存间、换床缓冲间、DSA 复合手术室空调机房等，其余辅助工程依托 DSA 复合手术室所在二层手术及内镜中心公共辅助房间或区域。</p>	<p>安装调试过程中的 X 射线、臭氧。</p>	/
公用工程	<p>依托主体工程建设的配电、供电和通讯系统等。</p>	<p>设备安装调试过程中的噪声、废弃物、X 射</p>	/
环保工程	<p>①机房内设置医疗废物收集桶。</p> <p>②生活污水、生活垃圾、医疗废水、医疗废物依托医院收集、处理设施处置。</p> <p>③通排风系统：DSA 复合手术室送风量 7800m³/h，排风量 900m³/h。</p>	<p>设备安装调试过程中的噪声、废弃物、X 射</p>	/

<p>④电离辐射防护措施：</p> <p>A、DSA 复合手术室：四面墙体均为 24cm 实心砖+4cm 硫酸钡防护涂料；铅当量约 4.67mm；屋顶为 12cm 钢筋混凝土+3 层 1200mm*2400mm*15mm 的硫酸钡板，铅当量约 4.5mm；地面为 12cm 钢筋混凝土+4cm 硫酸钡防护涂料，铅当量约 3.83mm；三道防护门均为内衬 4mm 铅板的防护门，铅当量约 4mm；机房观察窗为 20mm 厚铅玻璃，铅当量约 4mm。</p> <p>B、电缆：本项目从设备基座下方设置电缆桥架，自设备基座下方楼板开洞（直径 80mm×2 个）后在一层天花板吊顶内设置电缆桥架，DSA 复合手术室电缆从楼下吊顶内电缆桥架分别进入控制室和设备间，本项目电缆不从控制室和设备间穿墙，DSA 复合手术室内楼板开洞处隙采用 4mm 厚铅板覆盖防护，覆盖超过缝边不小于 50mm，并与防护铅板紧密贴合。</p> <p>C、通风管道：在 DSA 复合手术室分别安装 1 套送风系统和 1 套排风系统。机房排风管道从机房南侧屏蔽墙穿墙出机房排放。机房送风管道从机房东侧屏蔽墙穿屏蔽墙进入机房，穿防护墙处采用直穿的方式，东侧屏蔽墙外设置 4mm 防护铅板，风管穿墙处再用 4mm 厚铅皮包裹，长度为穿墙前后各 50cm。</p>	线、臭氧	/
---	------	---

(3) 设备配置及主要技术参数

本项目设备配置及主要技术参数见表 1-3。

表 1-3 本项目设备配置及主要技术参数

名称	规格 (型号)	数量 (台)	生 产 厂 家	主要技术参数		主 要 曝 光 方 向	年出束时间		用途	备注
				最大管电 压 (kV)	最大管电 流 (mA)		透视 (h)	减影 (h)		
Azurion 7M20 型 数字减影血 管造影机 (DSA)	单管头、 C 型臂 X 射线设 备	1	飞 利 浦	125	1000	由 下 向 上	400.0	40.0	医疗 诊断 及介 入治 疗	拟 购

(4) 本项目 DSA 使用情况

本项目 DSA 投入运行后，由呼吸内科负责管理，呼吸内科开展介入手术。预计年开展介入手术共约 1200 台。本项目 DSA 使用情况见表 1-4，运行工况见表 1-5。

表 1-4 本项目 DSA 使用情况

科室	单台手术平均时间	单台手术平均曝 光时间	年手术台数 (台)	年出束时间 (h)	
				透视	减影

呼吸内科	90min	减影 2min 透视 20min	1200	400.0	40.0
------	-------	---------------------	------	-------	------

表 1-5 本项目 DSA 实际运行工况一览表

设备型号		实际运行管电压 (kV)	实际运行管电流 (mA)
Azurion 7M20 型 数字减影血管造影机 (DSA)	减影	65-95	100-650
	透视	60-75	5-15

(5) 原辅材料消耗情况

本项目单台手术主要原辅材料用量如下：

表 1-6 原辅材料消耗情况

原辅材料	单台手术消耗量	年最大消耗量
血管穿刺组	1 套	1200 套
造影导管	1-2 条	2400 条
造影剂	50-100ml	120L
支架有关材料	2 套	2400 套
穿刺针、注射器、医用胶带等常规医辅材料	若干	若干

3、工作人员及工作制度

本项目 DSA 由呼吸内科负责管理，呼吸内科开展介入手术，医生、护士和技师由呼吸内科配备。

医院根据中日友好医院云南医院的功能定位和预计的介入手术量情况，确定了本项目的辐射工作人员，具体工作人员情况见表 1-7。根据表 1-7 可知，本项目共设置辐射工作人员 8 人，包括医生 4 人，护士 2 人，技师 2 人，均为依托的云南省第一人民医院原有辐射工作人员。本项目运行后，辐射工作人员仅从事本项目的辐射工作。

表 1-7 本项目各科室工作人员一览表

科室	医生	护士	技师	备注
呼吸内科	4	2	2	均为原有辐射工作人员
合计	8			/

医护人员分 2 组开展手术，2 名介入医生和 1 名护士为一组进行介入手术，技师 1 名负责手术时设备的操作。平均分配工作时间，每组年工作时间最长约为 220h。

本项目护士实行轮班休息。其中护士负责手术前准备、手术后清理工作，不参与射线装置

的工作，曝光时不在机房内停留；医生负责在机房内进行手术；技师负责在控制室操作射线装置，不进入机房。

所有辐射工作人员均实行白班单班制，每天工作 8 小时，年工作时间 250 天。

目前本项目设置的 8 名辐射工作人员，7 名已参加辐射安全与防护的培训并取得成绩合格报告单（详见附件 8），还有 1 名为参加医院组织的自主培训的 III 射线装置操作技师，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）和《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），医院将尽快组织本项目剩余的 1 名辐射工作人员在生态环境部培训平台(<http://fushe.mee.gov.cn>)上进行报名和培训并进行考核，经考核合格后方可上岗，并定期复训。

4、产业政策符合性

根据国家发展和改革委员会制订的《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目属于第十三项“医药”中第 4 款“高端医疗器械创新发展：新型基因、蛋白和细胞诊断设备，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”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业发展政策。

5、项目规划符合性

项目位于中日友好医院云南医院呼吸中心第一住院楼二楼，不涉及新增用地，用地性质为医院用地，项目用地属于昆明市总体规划的医院用地，且不涉及自然保护区、风景名胜区、生态保护红线，符合昆明市的建设发展规划及土地利用总体规划。

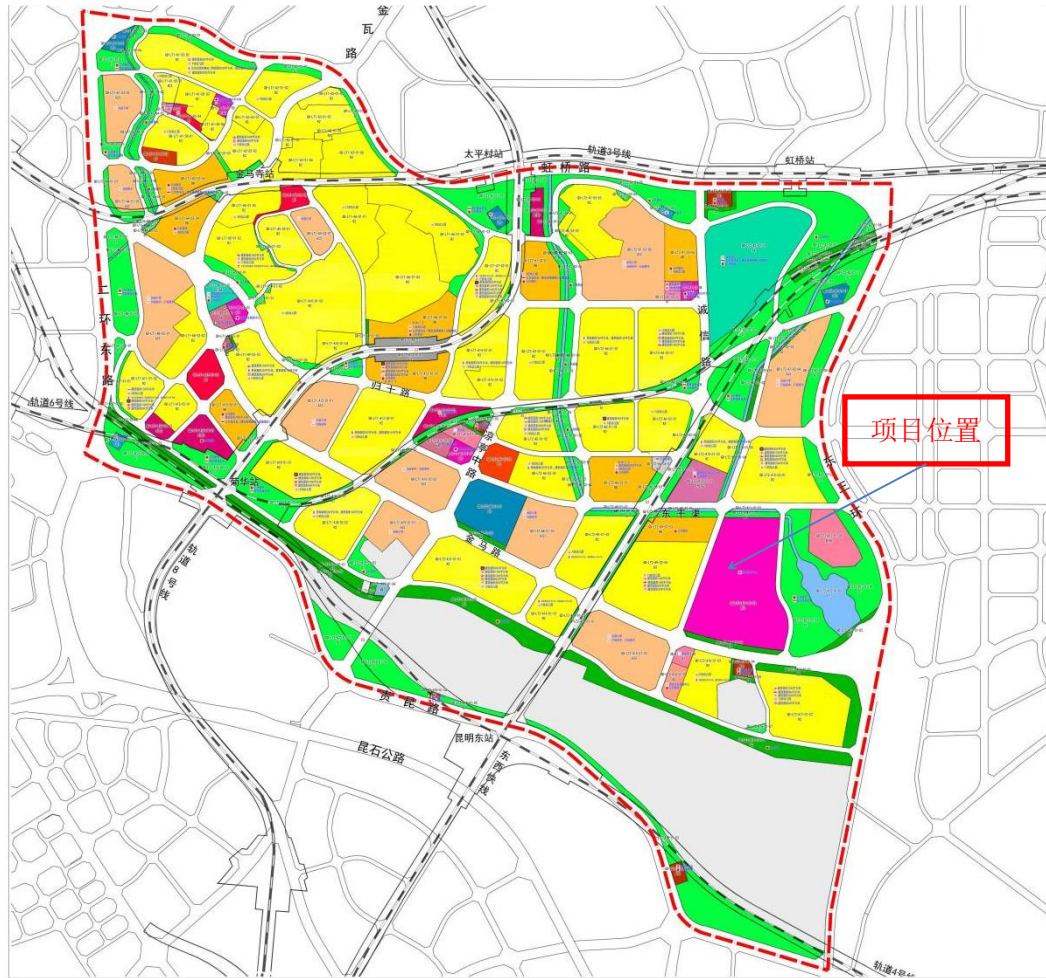


图 1-3 昆明市官渡区凉亭片区控制性详细规划优化-用地规划图

6、项目与“三线一单”符合性分析

本项目位于昆明市官渡区，通过查询“云南省生态环境分区管控公共服务查询平台”，本项目所在区域涉及官渡区城区生活污染重点管控单元（ZH53011120002）镇。

根据《昆明市生态环境分区管控动态更新方案（2023年）》，本项目与昆明市环境管控

单元生态环境准入清单符合性见表 1-8。

表 1-8 项目与生态环境准入清单管控要求符合性分析

单元名称	单元分类	管控要求	符合性分析	符合情况
官渡区城区生活污染重点管控单元	空间布局约束	禁止在城市公共供水管网范围内建设自备水井。现有未经批准和公共供水管网覆盖范围内的自备水井，一律限期关闭。	本项目为核技术利用项目，不涉及自备水井。	符合
	污染物排放管控	1.大气环境质量保持在国家大气环境质量二级标准以内。 2.加强施工工地的扬尘控制和移动源大气环境污染管理；加强对汽车尾气综合处理，减轻汽车尾气污染和光化学污染。 3.城市污水管网尚未配套的地区，房地产开发项目应自行建设污水处理设施，污水处理后达标排放，城市建成区生活污水集中处理率达到 95%以上。 4.完善生活污水收集处理系统，改造截污干管，杜绝生活污水直接进入城区河道及湖库。 5.按国家、省、市相关标准要求建设、改造、提升满足实际需求的环卫基础设施。	1.本项目所在区域大气环境质量在国家大气环境质量二级标准以内。 2.本项目在已有建筑物内进行施工，施工扬尘和汽车尾气能够有效控制。 3.项目产生的生活污水排入医院污水处理站，处理后的废水排入市政污水管网，进入昆明市第十水质净化厂处理。 4.项目产生的生活污水排入医院污水处理站，处理后的废水排入市政污水管网，进入昆明市第十水质净化厂处理，不会直接进入城区河道及湖库。 5.依托医院已建的环卫基础设施。	符合
	环境风险防控	1.危险废物必须进行集中处置。收集、贮存危险废物，必须按照危险废物标准进行分类，禁止混合收集、贮存、运输、处置性质不同而未经安全性处置的危险废物，禁止将危险废物混入非危险废物中贮存。 2.运输危险废物，必须采取防止污染环境的措施，并遵守国家有关危险废物运输管理的规定。	磁共振加速器更换的废靶等活化部件，应根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）进行γ辐射空气吸收剂量率监测，若满足《放射性废物分类》中豁免与解控要求，按固体废物处理；若监测异常，按《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）要求送交有资质单位回收贮存。	符合
	资源开发效率要求	主要可再生资源回收利用率≥80%。	本项目不涉及。	符合

根据上述分析，项目与官渡区城区生活污染重点管控单元生态环境准入清单准入要求相符，符合《昆明市生态环境分区管控动态更新方案（2023 年）》规定中相关管控要求。

7、项目选址合理性与平面布置合理性分析

（1）选址合理性

①外环境情况

中日友好医院云南医院位于昆明市官渡区凉亭片区，东三环以西，金马路以北；项目建成后，医院南侧为金马路及还建房小区（距医院厂界 164m），西侧为云南冶金高级技工学校（距医院厂界 78m）及凉亭村（距医院厂界 130m），北侧为厂房（距医院厂界 40m），东侧为云南 CY 集团生活区（距医院厂界 240m）。

②中日友好医院云南医院平面布局情况

中日友好医院云南医院分三期建设，场地内南侧为二期工程、北侧为一期工程和三期工程（国家紧急医学救援中心）。平面布局及评价范围如下图。

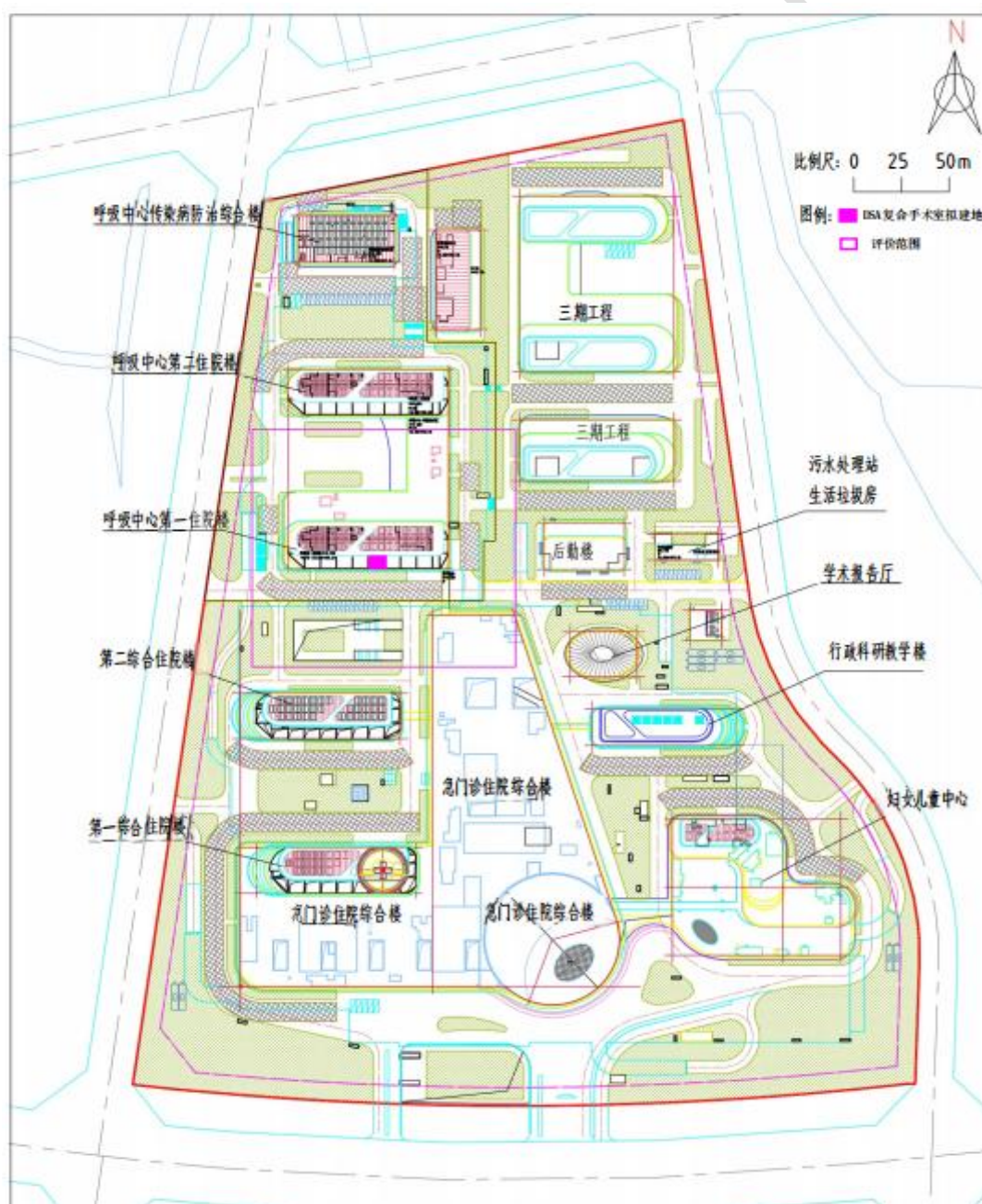


图 1-4 中日友好医院云南医院平面布置图

本项目位于中日友好医院云南医院一期工程呼吸中心第一住院楼内，一期工程主体工程由呼吸中心第一住院楼、呼吸中心第二住院楼和传染病综合防治楼组成。

本项目位于呼吸中心第一住院楼二层，呼吸中心第一住院楼北侧为呼吸中心第二住院楼和传染病综合防治楼，西侧为院内道路和绿化用地，南侧为二期工程第二综合住院楼和急门诊住院综合楼，东侧为二期工程后勤楼（在建）和污水处理站及生活垃圾房（在建）。所在位置相对独立且人流较少，方便病人治疗和转移，降低了公众受到照射的可能性。

本项目 50m 评价范围均在医院红线范围内，北侧为呼吸中心第一住院楼及空地；西侧为呼吸中心第一住院楼、院内道路及绿化用地；南侧为院内道路及二期工程急门诊住院综合楼；东侧为呼吸中心第一住院楼及空地。医院周围无自然保护区、风景名胜区、学校、名胜古迹等环境敏感点，无明显环境制约因素。本项目射线装置机房四邻及楼上楼下区域不涉及产科、儿科等敏感科室，同时与周围非辐射工作场所有明确的分界隔离，并有实体屏蔽措施，本项目的开展通过辐射屏蔽措施后对周围环境影响较小，项目选址合理。项目周边关系图、医院平面布置及评价范围见附图 2-1、2-2。

（2）平面布局合理性

本项目 DSA 复合手术室共有 1 间，具体平面布置如下：

DSA 复合手术室北侧为洁净通道，西侧为控制室和污物通道，南侧楼外悬空，东侧为 DSA 复合手术室空调机房及换床缓冲间，楼下为呼吸内科诊室区域，楼上为 ICU 病房区域。

医护人员换鞋更衣后进入呼吸中心第一住院楼二层中部的洁净通道，随后进入控制室，再通过控制室的医护专用防护门进入 DSA 复合手术室；病人进入换床缓冲间，再通过洁净通道经病人专用防护门进入 DSA 复合手术室，手术产生的污物经污物专用防护门和污物通道运出 DSA 复合手术室，运至污物暂存间暂存，下班后运出污物暂存间，通过污梯运至负一层医废暂存间。本项目 DSA 机房现状及建成后平面图见附图 3~4。本项目医护人员、病人、污物在 DSA 复合手术室及所在二层内的运行路径见附图 10。

综上所述，本项目各机房医护通道、病人通道和污物通道单独设置，避免了不同人员交叉影响，便于治疗和管理。同时，机房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，平面布置合理。

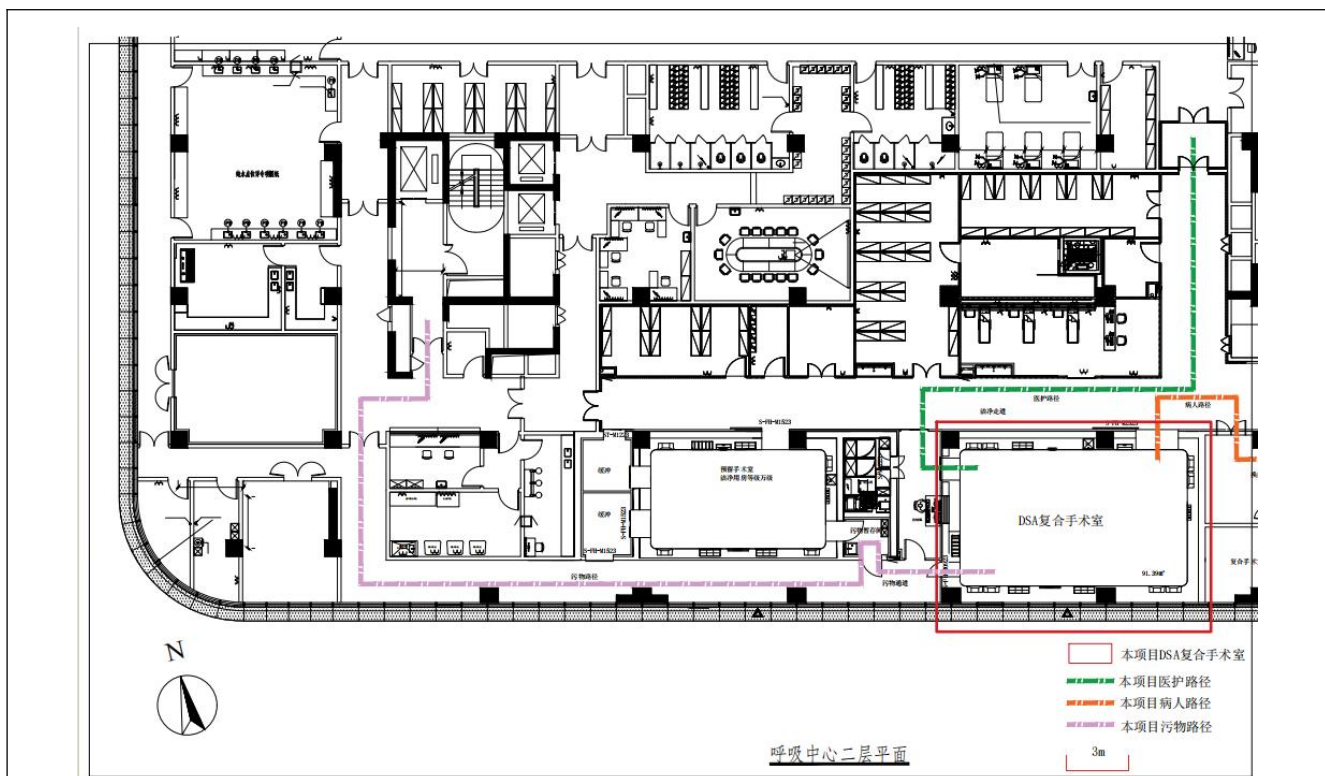


图 1-5 本项目医护人员、病人及污物在 DSA 复合手术室及所在楼层内的运行路径

8、依托工程

本项目依托中日友好医院云南医院呼吸中心第一住院楼建设，主体工程已在《云南省昆华国际医院（呼吸区域医疗中心 云南省第一人民医院东院）建设项目环境影响报告书》中进行了环境影响评价，并于 2022 年 4 月 12 日取得了昆明市生态环境局官渡分局的批复，批复文号为：官环评审[2022]006 号（附件 4）；云南省昆华国际医院（呼吸区域医疗中心 云南省第一人民医院东院）为新建项目，设计阶段已考虑本项目产生的废水和固废。

（1）废水

根据《云南省昆华国际医院（呼吸区域医疗中心 云南省第一人民医院东院）环境影响报告书》（报批稿）：中日友好医院云南医院拟建设污水处理站设计处理规模为 3000m³/d。拟建的污水处理站日处理规模已包含本项目产生的废水，本项目废水经中日友好医院云南医院一期工程污水管网收集后排入医院污水处理站处理后，排入市政污水管网。

（2）固废

中日友好医院云南医院拟在二期工程地下负一层东北侧角落设置一个医疗废物暂存间（约 240m²，负一层），拟在地面一层污水处理站旁一个生活垃圾收集房（约 97m²）；本项目产生的医疗废物依托拟建设的医疗废物暂存间进行暂存，委托有医疗废物处置资质的单位再进行转

运后统一处理。本项目产生的办公、生活垃圾依托中日友好医院云南医院拟建设的生活垃圾收集房进行回收处理。

9、实践正当性分析

本项目在使用时病人、医生及周围的公众可能会受到一定的照射剂量，但是本项目的建设更能满足病人多层次、多方位、高质量和文明便利的就诊需求，提高对疾病的诊治能力。核技术应用项目的开展，可达到一般非放射性诊治方法所不能及的诊断及治疗效果，对保障人民群众身体健康、拯救生命起了十分重要的作用，而且项目建设采取了满足规范要求的辐射屏蔽措施，本项目开展所带来的利益是大于所付出的代价的，符合实践“正当性”原则。

10、与本项目有关的原有污染情况及主要环境问题

本项目所在的中日友好医院云南医院为新建院区，新院区正在建设中，尚未建成投运，不存在原有核技术利用项目相关问题。

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，对其简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)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

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

表 4 射线装置

(一) 加速器，包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速 粒子	最大 能量 (MeV)	额定电流 (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	数字减影血管造影机 (DSA)	II	1	Azurion 7M20 型	125	1000	医疗诊断及介入治疗	呼吸中心第一住院楼二层 DSA 复合手术室	拟购

(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 (μ A)	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（重点是放射性废物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
--	--	--	--	--	--	--	--	--

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

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

表 6 评价依据

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（2015 年 1 月 1 日实施）；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法（2018 年修订）》，2018 年 12 月 29 日起施行；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003 年 10 月 1 日实施）；</p> <p>(4) 《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，2005 年 12 月 1 日起施行）（2019 年 3 月 2 日修改并实施《国务院关于修改部分行政法规的决定》，中华人民共和国国务院令 709 号）；</p> <p>(5) 《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）；</p> <p>(6) 《国务院关于修改<建设项目环境保护管理条例>的决定》（国务院第 682 号令，2017 年 10 月 1 日起施行）；</p> <p>(7) 《放射性废物安全管理条例》（国务院令第 612 号，自 2012 年 3 月 1 日起施行）；</p> <p>(8) 《关于发布<放射性废物分类>的公告》（环境保护部工业和信息化部国家国防科技工业局公告 2017 年第 65 号）；</p> <p>(9) 《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，2011 年 5 月 1 日施行）；</p> <p>(10) 《关于发布<射线装置分类>的公告》（环境保护部/国家卫生和计划生育委员会，公告 2017 年第 66 号）；</p> <p>(11) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部第 16 号令）；</p> <p>(12) 《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）；</p> <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) 《云南省生态环境厅辐射事故应急响应预案（2022 年修订版）》；</p>
------	---

	<p>(15) 《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（2023 年国家发展和改革委员会令第 7 号）；</p> <p>(16) 《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》（环办辐射函[2016]430 号文）；</p> <p>(17) 《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，2020 年 1 月 1 日施行）；</p> <p>(18) 《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>(19) 《云南省环保局关于〈在辐射安全许可证工作中确定电离辐射安全管理限值请示〉的复函》（云环函[2006]727 号）；</p> <p>(20) 《云南省生态环境厅关于印发〈云南省核技术利用辐射安全和防护监督检查大纲〉(2021 年版)和〈云南省核技术利用辐射安全和防护监督检查技术程序〉(2021 年版)的通知》（云环通[2021]227 号）；</p> <p>(21) 《云南省生态环境保护条例》（2024 年 11 月 1 日起施行）。</p>
<p>技 术 标 准</p>	<p>(1) 《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>(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>(3) 《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）；</p> <p>(4) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128—2019）；</p> <p>(5) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61—2021）；</p> <p>(6) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；</p> <p>(7) 《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ1326-2023）；</p> <p>(8) 《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）；</p> <p>(9) 《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）；</p> <p>(10) 《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）；</p> <p>(11) 《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）。</p>
<p>其 他</p>	<p>(1) 《实用辐射安全手册（第二版）》；</p> <p>(2) 《电离辐射剂量学》（李士骏 著）；</p> <p>(3) 《辐射防护手册》（第一分册，李德平、潘自强主编）；</p>

-
- | |
|---|
| <p>(4) 《X射线和γ射线防护手册》（苏森龄 著）；</p> <p>(5) 建设单位提供资料；</p> <p>(6) 《环评委托书》。</p> |
|---|

苏森龄环评公司

表 7 保护目标及评价标准

评价范围

本表为医院核技术应用的环境影响评价，项目主要影响人员是射线装置所在机房周围的职业工作人员和公众，按照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的有关规定，本项目评价范围为：DSA 所在机房屏蔽墙体四周向外延伸 50m 的区域。评价范围详见附图 2-2。

保护目标

本项目 DSA 复合手术室共有 1 间，位于呼吸中心第一住院楼（地上共九层，地下一层）二层呼吸手术及内镜中心南侧手术区域端头。DSA 复合手术室北侧 50m 范围为清洁通道、恢复室、无菌物品库、拆包室、库房（戊类）、清洁物品库、内镜中心等呼吸中心第一住院楼内二层呼吸手术及内镜中心房间，以及院内空地；东侧 50m 范围为换床缓冲间、复合手术室空调机房、办公室、空调机房、医护休息室、会议室等呼吸中心第一住院楼内二层呼吸手术及内镜中心区域，以及院内道路；南侧 50m 范围为医院内部道路、二期工程急诊住院综合楼（办公室及过道）；西侧 50m 范围为控制室、污物通道、设备间、污物暂存间、负压手术间、标本接收室、快速冰冻室、冰冻诊断室污洗间、避难间等呼吸中心第一住院楼内二层呼吸手术及内镜中心区域，以及院内道路；楼下为呼吸内科诊室区域，楼上为 ICU 病房区域。

根据该医院辐射工作场所布局、总平面布置及外环境特征，确定本项目主要环境保护目标见表 7-1 所示。

表 7-1 主要环境保护目标

保护名单	方位	位置	人数（人）	与屏蔽墙体最近距离（）		保护要求（mSv/a）
				水平	垂直	
DSA 复合手术室 1	职业人员	机房内	8 人	0.3	0	5
		机房西侧		控制室、设备间	0.3	
	公众	机房北侧	清洁通道、恢复室、无菌物品库、拆包室、库房（戊类）、清洁物品库、内镜中心等呼吸中心第一住院楼内二层呼吸手术及内	约 30 人	0.3	0

		镜中心区域				
		院内空地	流动人群	32.4	-4.8	
	机房东侧	换床缓冲间、复合手术室空调机房、空调机房、办公室、医护休息室、会议室等呼吸中心第一住院楼内二层呼吸手术及内镜中心区域	约 10 人	0.3	0	
		院内道路	流动人群	29.2	-4.8	
	机房南侧	医院内部道路	流动人群	0.3	-4.8	
		二期工程急门诊住院综合楼 (办公室及过道)	约 50 人	35.3	-4.8	
	机房西侧	控制室、污物通道、设备间、污物暂存间、负压手术间、标本接收室、快速冰冻室、冰冻诊断室污洗间、避难间等呼吸中心第一住院楼内二层呼吸手术及内镜中心区域	约 20 人	0.3	0	
		院内道路	流动人群	46.0	-4.8	
	机房上方	ICU 病房区域	约 10 人	0	+4.8	
	机房下方	呼吸内科诊室区域	流动人群	0	-4.8	

评价标准

7.1 环境质量标准

- (1) 环境空气质量执行国家《环境空气质量标准》(GB3095-2012)中二级标准;
- (2) 地表水环境质量执行国家《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)中III类标准;
- (3) 声环境质量执行国家《声环境质量标准》(GB3096-2008)中2类标准。

7.2 污染物排放标准

- (1) 废气: 执行《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)二级标准;

(2) 废水：执行《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）（表 2 中预处理标准）及《污水排入城市下水道水质标准》（GB/T31962-2015）（表 1 中 A 级标准）；

(3) 噪声：施工期执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）各阶段标准限值；运营期执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中的 2 类标准。

7.3 辐射相关标准

1、管理限值

(1) 国家标准限值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第 4.3.2.1 条的规定，任何工作人员的**职业照射**不超过由审管部门决定的连续 5 年平均有效剂量 20mSv；第 B1.2 条的规定，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年有效剂量 1mSv。

(2) 行政管理限值

根据《云南省环保局关于<在辐射安全许可工作中确定电离项目辐射安全管理限值请示>的复函》（云环函[2006]727 号）中的规定，单一项目取《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的四分之一。

本次评价采用行政管理限值，即：

◇职业照射个人受照剂量管理限值取 5mSv/a；

◇公众照射个人受照剂量管理限值取 0.25mSv/a。

2、《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）

第 6.1.3 点 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；

第 6.1.5 点 除床旁摄影设备、便携式 X 射线设备和车载式诊断 X 射线设备外，对新建、改建和扩建项目和技术改造、技术引进项目的 X 射线设备机房，其最小有效使用面积、最小单边长度应符合表 7-2 的规定。

表 7-2 X 射线设备机房（照射室）使用面积及单边长度

机类型	机房内最小有效使用面积（m ² ）	机房内最小单边长度m）
单管头 X 射线设备 b(含 C 形臂，乳腺 CBCT)	20	3.5

备注：本项目射线装置属于单管头 X 射线机。机房内有效使用面积指机房内可划出的最大矩形的

面积。机房内单边长度指机房内有效使用面积的最小边长。

第 6.2.1 点 不同类型 X 射线设备（不含床旁摄影设备和便携式 X 射线设备）机房的屏蔽防护应不低于表 7-3 的规定。

表 7-3 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

机房类型	有用线束方向铅当量 (mm)	非有用线束方向铅当量 (mm)
C 形臂 X 射线设备机房	2	2

备注：本项目射线装置机房属于 C 形臂 X 射线设备机房。

第 6.3.1 点 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

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

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

本项目位于昆明市官渡区凉亭片区，东三环以西，金马路以北中日友好医院云南医院呼吸中心第一住院楼二层预留 DSA 机房内，目前中日友好医院云南医院正在建设中，尚未投入运行。本项目预留 DSA 机房尚未开始进行屏蔽装修，本次新增使用一台数字减影血管造影机（DSA），属于 II 类射线装置，主要污染因子为电离辐射，对环境空气、地表水、声环境等影响较小，本次评价的环境空气质量、地表水环境质量、声环境质量等引用《2024 年度昆明市生态环境状况公报》进行评价，本次重点针对评价区域开展了辐射环境的现状监测评价。

1、地表水环境现状

根据《2024 年度昆明市生态环境状况公报》，全市纳入国考的 27 个地表水监测断面达标率 96.30%，优良水体比例 77.78%。其中 II 类水质断面 11 个，占 40.74%；III 类水质断面 10 个，占 37.04%；IV 类水质断面 5 个，占 18.52%；V 类水质断面 1 个，占 3.70%。

本项目附近地表水体为东干渠，东干渠为 1963 年修筑的引水渠，起于昆明东北郊松华坝之下，由盘龙江东堤分水，沿金汁河南流，经桃园村、大波村、云山村、郭家凹、凉亭等地，汇入海河，海河自东北向西南方向汇入滇池。根据《2024 年度昆明市生态环境状况公报》，35 条滇池主要入湖河道中，2 条河道断流，27 条河道水质类别为 II~III 类，6 条河道水质类别为 IV~V 类，无劣 V 类河道，达标率 96.97%，较 2023 年提高 3 个百分点。

本项目废水经医院污水处理站处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）后排入市政污水管网，最终进入昆明市污水处理厂进行处理，不直接排放至水体，对环境基本无影响。

2、环境空气现状

本项目位于昆明市主城区，根据《2024 年度昆明市生态环境状况公报》，主城区环境空气质量全市主城区环境空气优良率 99.7%，其中优 221 天、良 144 天、轻度污染 1 天。各项污染物浓度均达到《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准，空气质量保持良好水平。

因此，本项目所在昆明市符合国家空气质量二级标准（GB3095-2012）。

3、声环境质量现状

本项目位于昆明市县城区，声环境功能区为2类区。根据《2024年度昆明市生态环境状况公报》，2024年全市主城区昼间区域环境噪声平均值为52.6分贝(A)，总体水平达二级(较好)。

4、辐射现状

(1) 监测方案

本次环评在进行现场调查期间，评价人员首先根据建设单位人员介绍，了解了本项目拟建地及周边环境状况，确立了本项目的监测方案。

监测环境：现场监测时，收集环境温度、环境湿度、天气状况等信息。监测对象：射线装置机房拟建地及周边辐射环境本底监测。根据《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)及项目产污分析，主要监测因子为：X- γ 辐射剂量率。

根据现场踏勘，项目拟建地为施工场地，项目建设范围内没有其他电离辐射污染源，因此周围辐射环境趋于一致。结合本项目平面布置和外环境关系，X- γ 辐射剂量率布设18个监测点位，具体监测点位布设见表8-1，监测布点见图8-1~图8-3。1号监测点位代表本项目拟建地X- γ 辐射剂量率现状水平，2~8号监测点位代表拟建地周围房间现状水平，9~10号监测点位代表拟建地周围敏感点现状水平，11~14号监测点位代表本项目拟建地所在呼吸中心第一住院楼周围本底水平，15~18号监测点位代表医院周围本底水平。监测点位能较好反映项目周围辐射环境现状，其监测点位布设合理。

表 8-1 监测布点一览表

序号	布点位置	监测因子	备注
1	拟建复合手术室	X- γ 辐射剂量率	/
2	拟建控制室		/
3	拟建清洁走廊		/
4	拟建换床缓冲间		/
5	拟建复合手术室空调机房		/
6	拟建污物通道		/
7	拟建复合手术室上方3F 拟建ICU病房		/
8	拟建复合手术室下方1F 拟建诊室		/
9	呼吸中心第二住院楼旁		/
10	急门诊住院综合楼旁		/
11	呼吸中心第一住院楼北侧空地		/
12	呼吸中心第一住院楼西侧空地		/

13	呼吸中心第一住院楼南侧内部道路		/
14	呼吸中心第一住院楼东侧空地		/
15	中日友好医院云南医院北侧空地		/
16	中日友好医院云南医院西侧内部道路		/
17	中日友好医院云南医院南侧空地		/
18	中日友好医院云南医院东侧内部道路		/

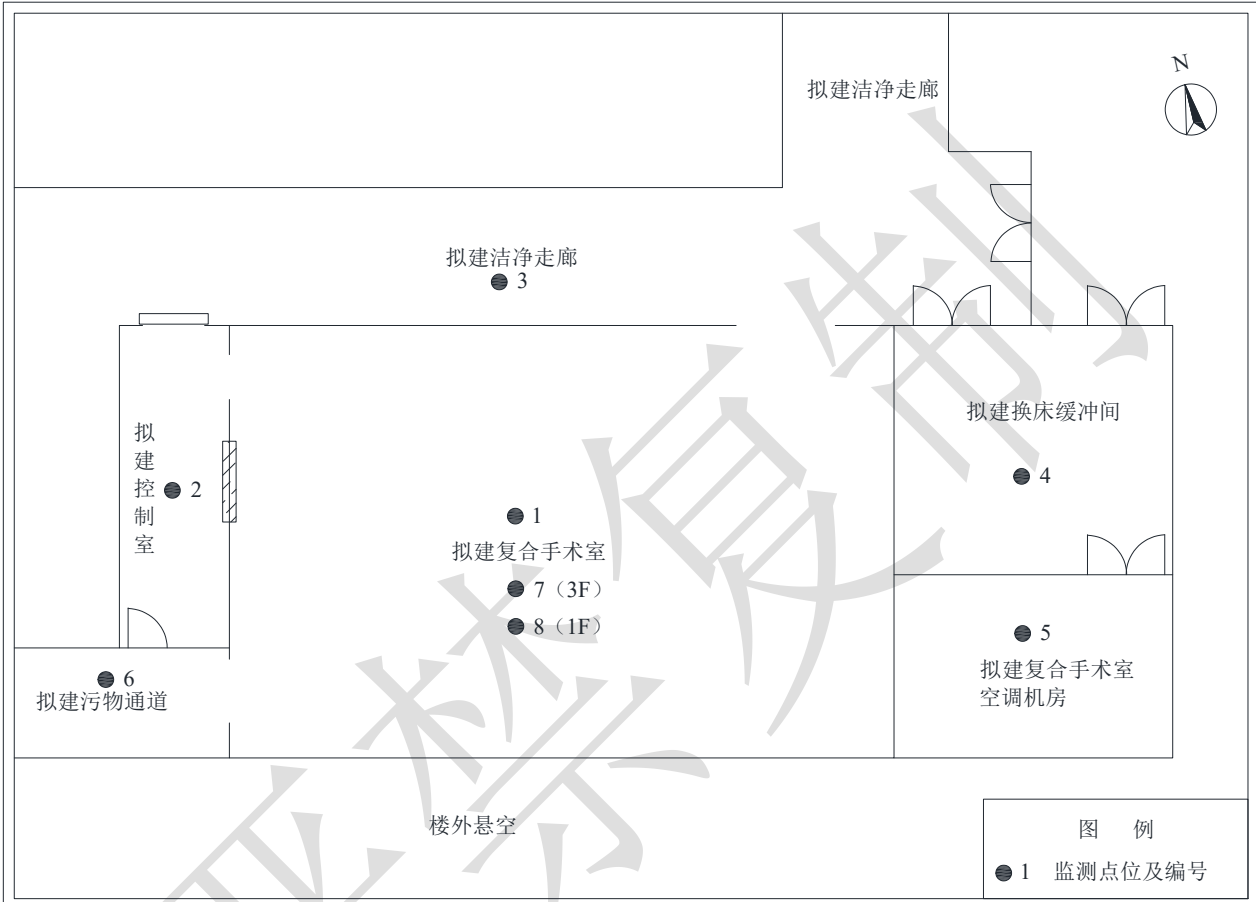


图 8-1 本项目监测点位图 1

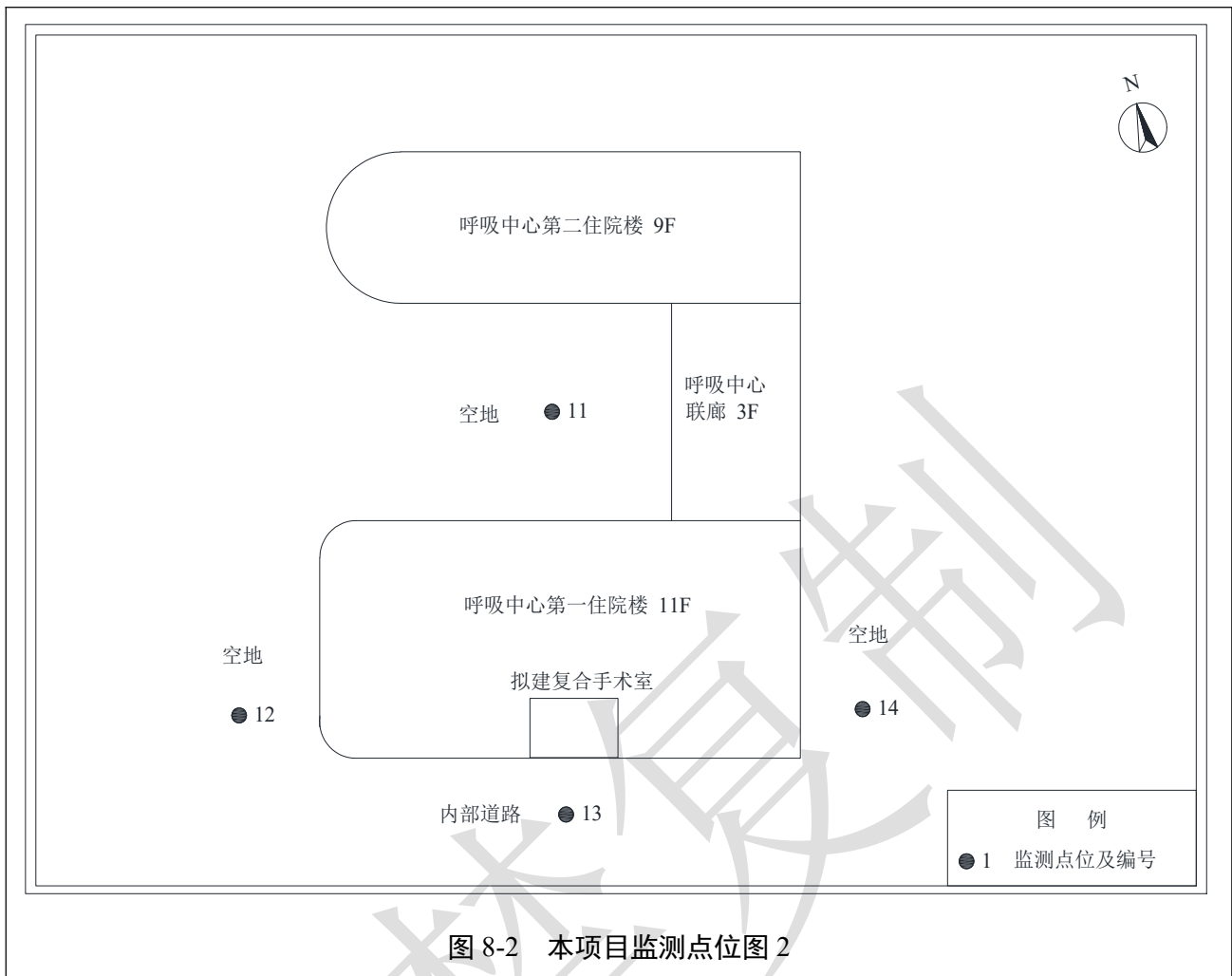


图 8-2 本项目监测点位图 2

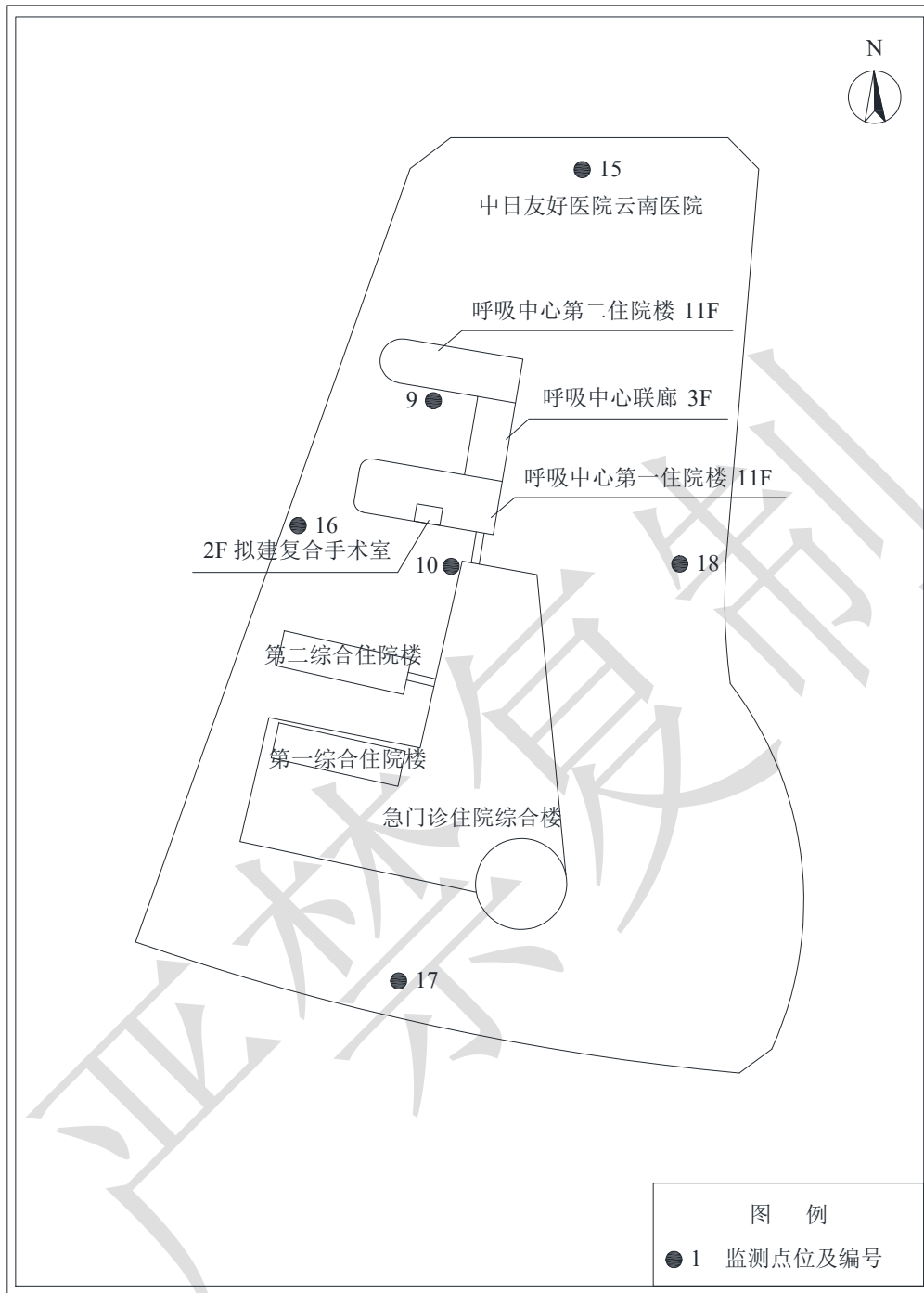


图 8-3 本项目监测点位图 3

(2) 监测质量保证措施

①本项目监测单位为四川省自然资源实验测试研究中心（四川省核应急技术支持中心），取得了中国国家认可监督管理委员会颁发的资质认定证书（CMA 认证），证书编号：220020341133。监测单位具备完整、有效的质量控制体系；

②根据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021），并参考《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）制定监测方案及实施细则；

③严格按照监测单位《质保手册》、《作业指导书》开展现场工作；

④监测仪器每年经计量部门检定后使用；每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常，并对仪器进行校验；

⑤监测人员经考核并持有合格证书上岗；

⑥根据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021），合理布设监测点位置，兼顾监测技术规范和实际情况，监测结果具有代表性和针对性，每个测点连续测量 10 次，取平均值；

⑦建立完整的文件资料。仪器校准（测试）证书、监测方案、监测布点图、测量原始数据、统计处理程序等全部保留，以备复查；

⑧监测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由技术负责人审定。

（3）辐射环境质量现状监测与评价

为掌握项目所在地 X-γ辐射环境水平，四川省自然资源实验测试研究中心（四川省核应急技术支持中心）于 2025 年 10 月 29 日对本项目拟建地及周围辐射环境进行了监测（监测报告见附件 9）。使用的监测仪器见表 8-2，监测结果列于表 8-3。现场监测时，环境温度：18.1℃~19.9℃；环境湿度：36.2%~38.3%；天气状况：晴。

表 8-2 X-γ辐射剂量率监测方法及监测仪器

项目	监测方法	方法来源	监测仪器
X-γ辐射剂量率	现场监测	《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）	仪器名称：便携式 X-γ剂量率仪 仪器型号：BH3103B 仪器编号：CF0275 能量响应范围：25keV~3MeV 校准单位：四川省自然资源实验测试研究中心（四川省核应急技术支持中心） 证书编号：校准字第 J20250206002 号 校准日期：2025-02-19 有效日期：2026-02-18

表 8-3 本项目拟建地及周围 X-γ辐射剂量率监测结果

编号	测量点位置	X-γ辐射剂量率 ($\times 10^{-8}$ Gy/h)	标准差 ($\times 10^{-8}$ Gy/h)	备注
1	拟建复合手术室	3.2	0.09	/
2	拟建控制室	3.0	0.09	/

3	拟建清洁走廊	3.3	0.09	/
4	拟建换床缓冲间	3.5	0.09	/
5	拟建复合手术室空调机房	3.7	0.13	/
6	拟建污物通道	3.4	0.06	/
7	拟建复合手术室上方 3F 拟建 ICU 病房	3.6	0.09	/
8	拟建复合手术室下方 1F 拟建诊室	3.8	0.10	/
9	呼吸中心第二住院楼旁	2.4	0.09	/
10	急门诊住院综合楼旁	2.3	0.07	/
11	呼吸中心第一住院楼北侧空地	2.6	0.07	/
12	呼吸中心第一住院楼西侧空地	2.5	0.08	/
13	呼吸中心第一住院楼南侧内部道路	2.4	0.07	/
14	呼吸中心第一住院楼东侧空地	2.5	0.08	/
15	中日友好医院云南医院北侧空地	2.2	0.07	/
16	中日友好医院云南医院西侧内部道路	2.4	0.09	/
17	中日友好医院云南医院南侧空地	2.3	0.06	/
18	中日友好医院云南医院东侧内部道路	2.4	0.07	/

注：（1）X- γ 辐射剂量率监测结果均已扣除宇宙射线响应值；本项目宇宙射线响应值为 $3.9 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ 。

（2）由于我单位检测资质认定批准检验检测能力范围中该项名称为 X- γ 辐射剂量率；因此监测报告里监测因子为 X- γ 辐射剂量率；（3）1~14 号监测点位为本项目拟建地四周本底水平；15~18 号监测点位为医院四周本底水平。

根据现场监测报告，本项目拟建 DSA 工作场所及周围 X- γ 辐射剂量率范围为 $2.3 \times 10^{-8} \text{Gy/h} \sim 3.8 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ ；医院周围环境本底 X- γ 辐射剂量率为 $2.2 \times 10^{-8} \text{Gy/h} \sim 2.4 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ 。根据《云南省环境天然放射性水平调查研究》（云南科技出版社，1992 年 11 月出版），昆明市原野 γ 辐射剂量率在 $2.73 \times 10^{-8} \text{Gy/h} \sim 11.36 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ 之间，昆明市道路 γ 辐射剂量率在 $3.51 \times 10^{-8} \text{Gy/h} \sim 7.52 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ 之间，昆明市房屋室内 γ 辐射剂量率在 $6.41 \times 10^{-8} \text{Gy/h} \sim 12.66 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ 之间。本项目拟建 DSA 工作场所及周围各监测点位 X- γ 辐射剂量率未见异常，处于当地天然辐射水平范围内。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

1、施工期工艺分析

本项目为新建项目，DSA 复合手术室位于呼吸中心第一住院楼二层。本项目依托呼吸中心第一住院楼建设，土建工程环评已包含在依托的《云南省昆华国际医院（呼吸区域医疗中心 云南省第一人民医院东院）建设项目环境影响报告书》（批复文号为：官环评审[2022]006号）中，土建施工环境影响本次环评不涉及。本次环评施工期主要评价内容为 DSA 复合手术室防护装修及设备安装调试。

环评要求：严格按照设计方案进行防护施工，严格施工全过程管理，隐蔽工程需留下影像资料；防护铅板安装时，应注意施工方式，保证各屏蔽体有效衔接，各屏蔽体应有足够的超边量，避免各屏蔽体之间有漏缝产生；施工期严格做好施工档案资料管理，做好隐蔽工程设计图、施工影像、施工图片、施工监理等施工资料存档，以备后期查验。

（1）装修施工的污染分析

DSA 复合手术室防护施工方案：四面墙体均为 24cm 实心砖+4cm 硫酸钡防护涂料；铅当量约 4.67mm；屋顶为 12cm 钢筋混凝土+3 层 1200mm*2400mm*15mm 的硫酸钡板，铅当量约 4.5mm；地面为 12cm 钢筋混凝土+4cm 硫酸钡防护涂料，铅当量约 3.83mm；三道防护门均为内衬 4mm 铅板的防护门，铅当量约 4mm；机房观察窗为 20mm 厚铅玻璃，铅当量约 4mm。

防护门内部主要结构由钢骨架、大芯板、国标纯铅板材料（4mm 厚铅板）、防护粘合剂、抗氧化剂、不锈钢饰面板等组成，门扇底部采用防护铅胶条处理，密封地面缝隙，机房防护门与墙之间重叠，墙体与门缝的重叠部分大于 10 倍缝隙。

观察窗为 20mm 厚铅玻璃，先在铅玻璃四周用大芯板保护，再用纯铅板向四周铺贴，并且要求机房内侧纯铅板向四周墙面外延伸不小于 10cm，铅玻璃与窗框间和窗框间与墙体间的缝隙必须用软铅填实，防止散射线从铅玻璃四周泄漏。窗框装饰面层为 1.0mm 厚优质发纹 304 不锈钢板。

本项目在装修施工阶段主要环境影响为扬尘、废水、噪声、废渣和装修废气等。本项目工程量小，时间短，本项目施工期会对周围声环境质量产生一定影响，但本项目工程量

小，施工期短，通过作业时间控制，合理安排好各种噪声施工机具的使用时间，加强施工现场的管理等手段，对周围声环境产生较小的影响，该影响是暂时性的，对周围声环境的影响随建设期的结束而消除。施工所产生的少量生活污水，根据《云南省昆华国际医院（呼吸区域医疗中心 云南省第一人民医院东院）建设项目环境影响报告书》（批复文号为：官环评审[2022]006号），施工期生活污水经沉淀处理后回用于施工现场，不外排。在建设施工中采取湿法作业，尽量降低扬尘对周围环境的影响。建设施工所产生的少量施工废渣和设备安装产生的包装废物送当地指定的建筑垃圾处置场。

（2）设备安装调试的污染分析

设备安装及调试阶段主要污染物是运输器械产生噪声及包装废弃物、电离辐射和臭氧。本项目射线装置运输、安装和调试均由设备厂家专业人员进行操作。在设备安装调试期间，医院应配合设备厂家专业人员加强安装调试现场的辐射安全管理，保证在此期间内放射工作场所设置的各类辐射安全防护措施正常运行，具体措施要求如下：

①医用射线装置的安装调试、维修的技术服务单位，必须是持有辐射安全许可证的单位；调试人员应取得辐射安全与防护培训考核合格证。

②在医用射线装置出束调试前，应确保机房四周墙体、顶板、防护门等实体屏蔽设施防护到位，方可启动装置出束。

③在医用射线装置的安装调试期间，应关闭机房防护门，在机房防护门外醒目位置张贴电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。

④安装调试人员离开机房期间，机房和控制室必须关闭上锁，钥匙交由专人看管或安排专人看守。

本项目工程量小，施工期短，通过作业时间控制，加强施工现场的管理等手段，对周围声环境产生较小的影响，该影响是暂时性的，对周围环境的影响随建设期的结束而消除。施工所产生的少量生活废水经医院污水处理系统排入城市污水处理管网。在建设施工中采取湿法作业，尽量降低扬尘对周围环境的影响。设备安装产生的少量包装废物送当地指定的建筑垃圾处置场。

施工工序及产污见图 9-1。

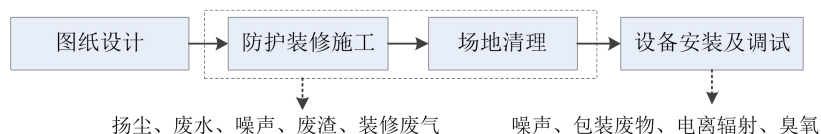


图 9-1 施工期施工工序及产污位置图

2、运营期工艺分析

(1) 数字减影血管造影机 (DSA)

①工作原理

DSA 是通过电子计算机进行辅助成像的血管造影方法，它是应用计算机程序进行两次成像完成的。在注入造影剂之前，首先进行第一次成像，并用计算机将图像转换成数字信号储存起来。注入造影剂后，再次成像并转换成数字信号。两次数字相减，消除相同的信号，得知一个只有造影剂的血管图像。这种图像较以往所用的常规脑血管造影所显示的图像更清晰和直观，一些精细的血管结构亦能显示出来。且对比度分辨率高，减去了血管以外的背景，尤其使与骨骼重叠的血管能清楚显示；由于造影剂用量少，浓度低，损伤小、较安全；通过 DSA 处理的图像，使血管的影像更为清晰，在进行介入手术时更为安全。

②设备组成

DSA 主要组成部分：X 射线球管、高压发生器、探测器、C 型臂、导管床、操作台、影像增强器和电视摄像系统及图像处理系统等。

③操作流程

本项目 DSA 主要进行介入手术。基本流程为：病人仰卧并进行无菌消毒，局部麻醉后，经皮穿刺动脉，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动脉内，经鞘插入导管，推送导管，在 X 线透视下将导管送达（动脉后到达靶血管按规范顺序做好造影检查和治疗并留 X 线片记录）。在 X 射线透视下进行介入手术。手术完成后撤出导管，穿刺部位止血包扎。

本项目 DSA 在进行曝光时分为两种情况：

第一种情况，透视。操作医生在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采取脉冲透视方式，形成实时图像（不能自动保存，需进行手动操作进行保存，曝光时自动更新图像），此时操作医生位于铅帘和铅悬挂防护屏后身着铅服、铅帽、铅围脖在机房内对病人进行直接的介入手术操作。在进行介入手术治疗时，医生在 DSA 脉冲透视连续曝光下通过机房内显示屏清楚地了解手术过程及病人情况。在手术过程中均会使用此操作，并且实际运行中该情况占绝大多数，因此，是本次评价的重点。

第二种情况，减影。操作人员采取隔室操作（即操作医师在控制室内对病人进行曝光），操作人员通过铅玻璃观察窗以及电脑显示屏观察机房内病人情况，通过对讲系统与病人交

流。

④产污流程

DSA 的 X 射线诊断机曝光时，靶头可进行 180°垂直旋转。本项目 DSA 的主射方向为从下往上。注入的造影剂不含放射性，同时射线装置均用先进的数字减影技术，不会产生废显影液、废定影液和废胶片。DSA 诊治流程及产污环节如图 9-2 所示：

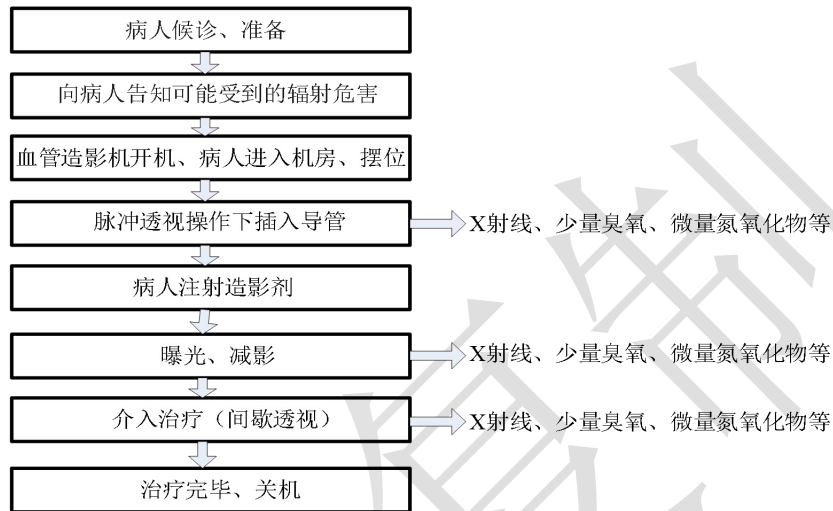


图 9-2 DSA 数字减影介入治疗流程及产污环节示意图

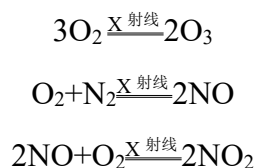
本项目使用的 X 射线装置（DSA）在非工作状态下不产生射线，只有在开机并处于出线状态时才会发出 X 射线，产生微量臭氧、氮氧化物。

污染源项描述

1、正常工况下污染源分析

(1) X 射线：在 X 射线装置开机并曝光时产生 X 射线，X 射线属于非带电粒子，其能量与曝光时 X 射线管的管电压有关，具有较强的穿透性。人体受到 X 射线照射到一定量时会受到辐射损伤。因此 X 射线装置周围需要达到一定的辐射防护，以防止 X 射线泄露对医护人员及其他公众造成伤害。

(2) 废气（臭氧、氮氧化物）：在 X 射线装置开机并曝光时，X 射线在穿过空气时会与空气中的氧和氮分子发生作用，产生臭氧和氮氧化物，反应如下：



本项目射线装置曝光时间很短，臭氧的产生量很少，氮氧化物的产生量比臭氧还少得多，故本项目只对臭氧进行分析。

(3) 噪声：射线装置机房通排风系统运行时会产生噪声。

(4) 废水：本项目射线装置采用数字成像，不使用显影液和定影液，无洗片过程，无废显、定影液产生，医务工作人员工作时产生少量生活污水，介入手术、清洗器械产生少量医疗废水。

(5) 固体废弃物：医务工作人员工作时产生少量生活垃圾。介入手术产生少量纱布、手套等医疗废物。

2、事故情况污染源分析

本项目射线装置是将电能转化成 X 射线能的诊疗设备，X 射线受开机和关机控制，关机时没有射线发出，只有当设备开机时才会产生 X 射线，运行中存在着风险和潜在危害及事故隐患。在意外情况下，可能出现的辐射事故有以下几种：

- (1) 门机联锁装置发生故障，人员误入正在运行的加速器机房导致误照射；
- (2) 医护人员还未全部撤离机房，即进行出束治疗，致使人员受到不必要的照射；
- (3) 射线装置检修、维护过程，工作人员误操作或者曝光参数设置错误，造成人员被误照射，引发辐射事故。

3、项目主要污染物产生及预计排放情况

根据分析，本项目主要污染物的产生及预计排放见表 9-1。

表 9-1 项目主要污染物的产生及预计排放情况

类型 \ 内容	排放源	污染物名称	处理前产生浓度及产生量	处理方式
大气污染物	射线装置	臭氧、氮氧化物	微量	通排风系统
水污染物	医务工作人员	生活污水	少量	依托医院污水处理设施处理
	介入手术、清洗器械	医疗废水	少量	依托医院污水处理站处理
固体废弃物	医务工作人员	生活垃圾	少量	统一收集，由当地环卫部门定期清运
	医用器具和药	医疗废物	---	依托医院医疗废物管理制

	棉、纱布、手套等			度统一处置
噪声	通排风系统	噪声	---	通排风系统设置减振垫，通过距离衰减、墙体隔噪等降噪措施降噪后，对周围环境影响不大。
辐射	射线装置	X 射线	---	本项目按照设计要求，在正常运行情况下，射线装置工作产生的 X 射线经墙体屏蔽其他有效防护屏蔽后，所致职业和公众照射剂量当量可达到评价标准。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

通过污染源分析可知，本项目运行期间产生的主要污染物为 X 射线以及空气电离产生的少量臭氧和氮氧化物、手术过程中产生的医疗废物、工作人员产生的生活污水和生活垃圾。针对 X 射线污染，医院将采取以下相应的辐射防护措施：

1、工作区域管理

1.1、分区原则

本项目 DSA 复合手术室，位于呼吸中心第一住院楼二层。

DSA 复合手术室北侧为洁净通道，西侧为控制室、污物通道，南侧楼外悬空，东侧为换床缓冲间、复合手术室空调机房，楼下为呼吸内科诊室区域，楼上为 ICU 病房区域。

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防范工作，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求在辐射工作场所内划出控制区和监督区。

控制区：在正常工作情况下控制区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。在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志并给出相应的辐射水平和污染水平的指示。应用行政管理程序如进入控制区的工作许可证和实体屏蔽（包括门锁和连锁装置）限制进出控制区，放射性操作区应与非放射性工作区隔开。

监督区：未被确定为控制区，正常情况下不需要采取专门防护手段或安全措施，但要不断检查其职业照射状况的制定区域。在监督区入口处的合适位置张贴辐射危险警示标记；并定期检查工作状况，确认是否需要防护措施和安全条件，或是否需要更改监督区的边界。

1.2、控制区与监督区的划分

本次环评中结合项目诊治、辐射防护和环境情况特点，将 DSA 复合手术室划为控制区，控制室、污物通道、清洁通道划为监督区。控制区入口处设置工作信号指示灯和电离辐射警示标志，机器处于工作状态时，工作指示灯运行以警示不得进入控制区；在监督区设立警告标识和标牌，仅允许病人和相关医生进入，其余无关人员均不得随意进入。本项目控制区和监督区划分情况见表 10-1。

表 10-1 本项目控制区与和监督区划分情况

工作场所	控制区	监督区	备注
呼吸中心第一住院楼二层 DSA复合手术室	DSA复合手术室	控制室、污物通道、清洁通道	控制区内禁止外来人员进入，职业人员须穿戴铅防护服等防护用品在控制区内进行介入手术，以避免造成不必要的照射。监督区范围内应限制无关人员进入。

两区划分采取的防治措施：控制区入口处设置工作信号指示灯和电离辐射警示标志，机器处于工作状态时，工作指示灯运行以警示不得进入控制区；在监督区设立警告标识和标牌，仅允许相关辐射工作人员进入，其余无关人员均不得随意进入。

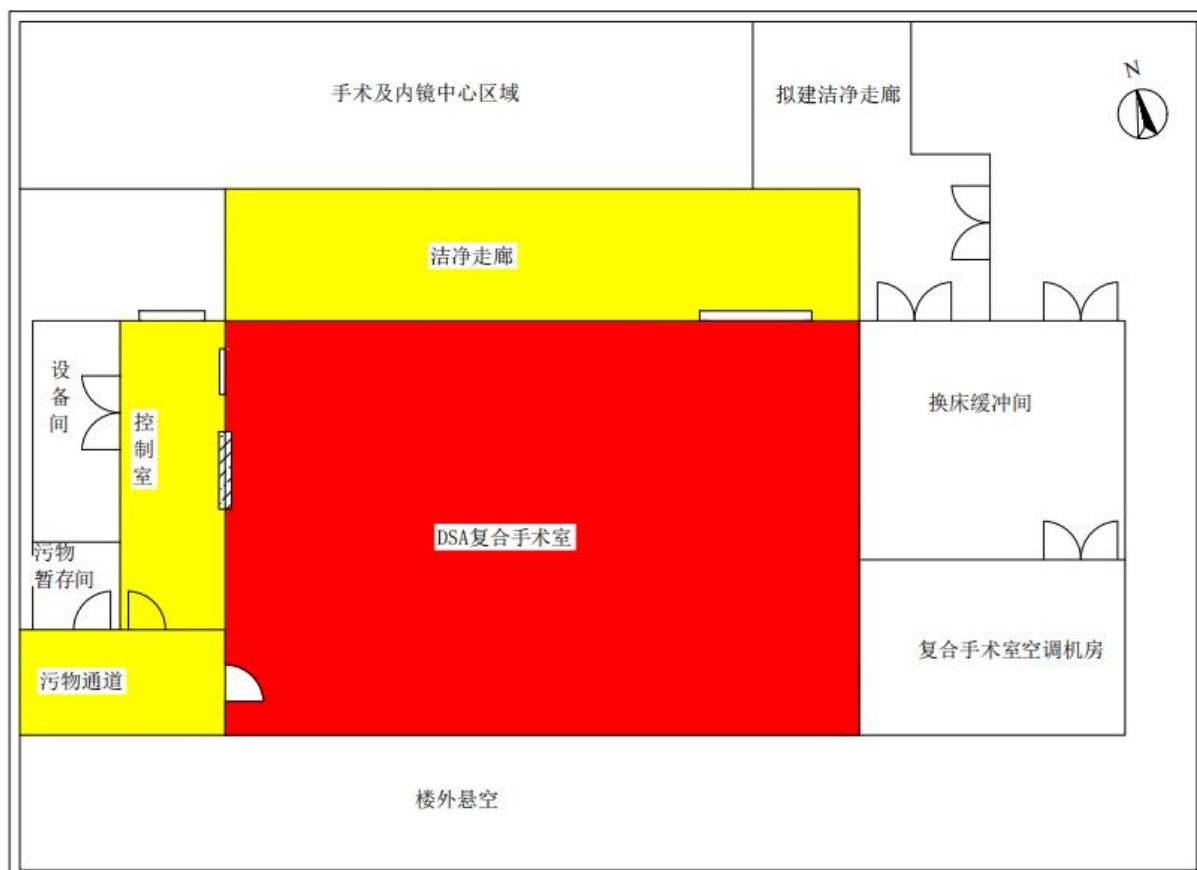


图 10-1 本项目两区划分示意图

1.3、控制区防护手段与安全措施

①控制区进出口设置工作信号指示灯和电离辐射警示标志，机器处于工作状态时，工作指示灯运行以警示不得进入控制区；

②制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（包括门禁）限制进出控制区；

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。

1.4、监督区防护手段与安全措施

①以黄线警示监督区为边界；

②在监督区的入口处的适当地点设立标明监督区的标牌和警告标识；

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。

2、辐射安全及防护措施

本项目射线装置主要辐射为X射线，对X射线的基本防护原则是减少照射时间、远离射线源及加以必要的屏蔽。本项目对X射线外照射的防护措施主要有以下几方面。

（1）设备固有措施

本项目设备从正规厂家购买，仪器本身采取了多种固有安全防护措施：

①本项目设备装有可调限束装置，使装置发射的线束宽度尽量减小，以减少泄漏辐射。

②采用栅控技术：在每次脉冲曝光间隔向旋转阳极加一负电压，抵消曝光脉冲的启辉与余辉，起到消除软X射线、提高有用射线品质并减小脉冲宽度作用。

③采用光谱过滤技术：在X射线管头或影像增强器的窗口处放置合适铝过滤板，以多消除软X射线以及减少二次散射，优化有用X射线谱。设备已提供适应DSA不同应用时所选用的各种形状与规格的准直器隔板和铝过滤板。影像增强器前面已配置滤线栅，以减少散射影响。

④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（如每秒25帧、12.5帧、6帧等可供选择），改善图像清晰度；并能明显地减少透视剂量。

⑤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（last image hold, LIH）。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。

⑥配备相应的表征剂量的指示装置：设备已配备有能在线监测表征输出剂量的指示装置。

⑦配备辅助防护设施：设备配备有铅悬挂防护屏和床侧防护帘等辅助防护用品与设

施，在设备运行中可用于加强对有关人员采取放射防护与安全措施。

(2) 辐射工作场所污染防治措施

1) 屏蔽设计

本项目按照《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)中 X 射线设备机房屏蔽防护要求进行设计，具体屏蔽设计情况见表 10-2。

表 10-2 本项目 DSA 复合手术室屏蔽设计情况

工作场所	墙体	屋顶	地面	防护门	观察窗	机房面积
呼吸中心 第一住院楼 二层 DSA 复合手术室	四面墙体均为 24cm 实心砖+4cm 硫酸钡防护涂料；铅当量约 4.67mm	屋顶为 12cm 钢筋混凝土+3 层 1200mm*2400mm*15mm 的硫酸钡板，铅当量约 4.5mm	地面为 12cm 钢筋混凝土+4cm 硫酸钡防护涂料，铅当量约 3.83mm	三道防护门均为内衬 4mm 铅板的防护门	20mm 厚铅玻璃，铅当量约 4mm	有效面积为 91.39m ² (净空长 12.35m×宽 7.4m)。

注：(1) 根据建设单位提供的资料，混凝土密度为 2.35g/cm³，实心砖的密度为 1.65g/cm³，铅板的密度为 11.3 g/cm³，硫酸钡防护涂料密度为 3.2g/cm³。(2) 根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)附录 C，医用诊断 X 射线防护中不同屏蔽物质的铅当量计算而来，混凝土对于 125kV (主束) X 射线辐射衰减的拟合参数为 $\alpha=0.03502$ 、 $\beta=0.07113$ 、 $\gamma=0.6974$ ，实心砖对于 125kV (有用线束) X 射线辐射衰减的拟合参数为 $\alpha=0.02870$ 、 $\beta=0.06700$ 、 $\gamma=1.346$ ，根据 C.1 和 C.2 计算得：12cm 钢筋混凝土相当于 1.44mm 铅，24cm 实心砖相当于 2.28mm 铅，无硫酸钡涂料相关参数 (3) 硫酸钡防护涂料根据《辐射安全手册 (第三分册)》P62 表 3.3，无 125kV，保守按 150kV 条件下通过内插法计算，查 P62 表 3.3 可知：3.3cm 硫酸钡防护涂料相当于 2.0mm 铅，5.1cm 硫酸钡防护涂料相当于 3mm 铅，则 4cm 硫酸钡防护涂料相当于 2.39mm 铅。根据施工单位提供资料，15mm 厚硫酸钡板相当于 1.02mm 铅当量，则 3 层 15mm 硫酸钡板相当于 3.06mm 铅当量。

由表10-2可知，本项目DSA复合手术室的屏蔽防护及机房内使用面积、单边长度均满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)中规定的“C形臂X射线设备机房铅当量不小于2mm铅当量，单管头X射线机机房内最小有效使用面积20m²，机房内最小单边长度3.5m”的要求的要求，机房设计合理。

根据建设单位提供资料，本项目射线装置场所拟采取措施有：

①本项目射线装置场所四周及屋顶拟采用相应的屏蔽体对射线进行屏蔽，观察窗安装铅玻璃，机房通道处均安装铅防护门(机房墙体与门缝的重叠部分大于 10 倍缝隙)。

②在射线装置床旁安装铅防护帘，在机头处安装铅悬挂防护屏，这些屏蔽体具有

0.5mmPb 的防护能力。

③医生在手术室内操作时应身穿铅衣、戴铅帽、铅围脖等，同时使用铅悬挂防护屏和床侧防护帘进行防护，这些防护用品均具有 0.5mm 铅当量，医生工作时实际受到两次防护，防护能力相当于 1mm 铅当量。

④电缆：本项目从设备基座下方设置电缆桥架，自设备基座下方楼板开洞（直径 80mm×2 个）后在一层天花板吊顶内设置电缆桥架，DSA 复合手术室电缆从楼下吊顶内电缆桥架分别进入控制室和设备间，本项目电缆不从控制室和设备间穿墙，DSA 复合手术室内楼板开洞处隙采用 4mm 厚铅板覆盖防护，覆盖超过缝边不小于 50mm，并与防护铅板紧密贴合。本项目电缆桥架安装布局详见附图 12。

⑤通排风管道：在 DSA 复合手术室分别安装 1 套排风系统和送风系统。机房排风管道从机房南侧屏蔽墙穿墙出机房排放。在 DSA 复合手术室分别安装 1 套送风系统和 1 套排风系统。机房排风管道从机房南侧屏蔽墙穿墙出机房排放。机房送风管道从机房东侧屏蔽墙穿屏蔽墙进入机房，穿防护墙处采用直穿的方式，东侧屏蔽墙外设置 4mm 防护铅板，风管穿墙处再用 4mm 厚铅皮包裹，长度为穿墙前后各 50cm。

本项目 DSA 主射方向向上，机头有用线束直接照向病人，不会直射到机房四周墙体、楼顶、防护门、铅窗以及管线口。由于送排风管道和电缆沟穿墙位置不在主射束方向，且对穿墙处敷设铅皮进行补偿防护，能够有效防止射线直接从风管或电缆沟照射出机房，且避免漏射产生。因此穿墙部分不影响墙体整体的防护性能和机房外的辐射水平。电缆沟和风管穿墙部分经铅皮等防护措施处理和多次杂散射后，对机房外的影响较小。本项目通排风系统布局详见附图 13。本项目风管及电缆桥架穿墙防护示意图详见附图 14。

2) 工作场所布局

本项目 DSA 机房相邻区域布局及功能详见表 10-3，DSA 机房平面布置图见附图 4、DSA 机房上方、下方区域见附图 6~7。DSA 机房剖面图见附图 8。

表 10-3 本项目 DSA 复合手术室的相邻区域布局及功能

工作场所名称	方位	名称	功能	备注
DSA 复合手术室	机房北侧	洁净通道	医护、病人进入机房前的洁净区域	/
	机房西侧	控制室	技师隔室操作 DSA、护士短暂停留	/
		污物通道	运输手术产生的污物	/
	机房南侧	院内道路（楼外悬空）	医院内部通道	/
机房东侧	换床缓冲间	病人进入手术区域前的换床缓冲		

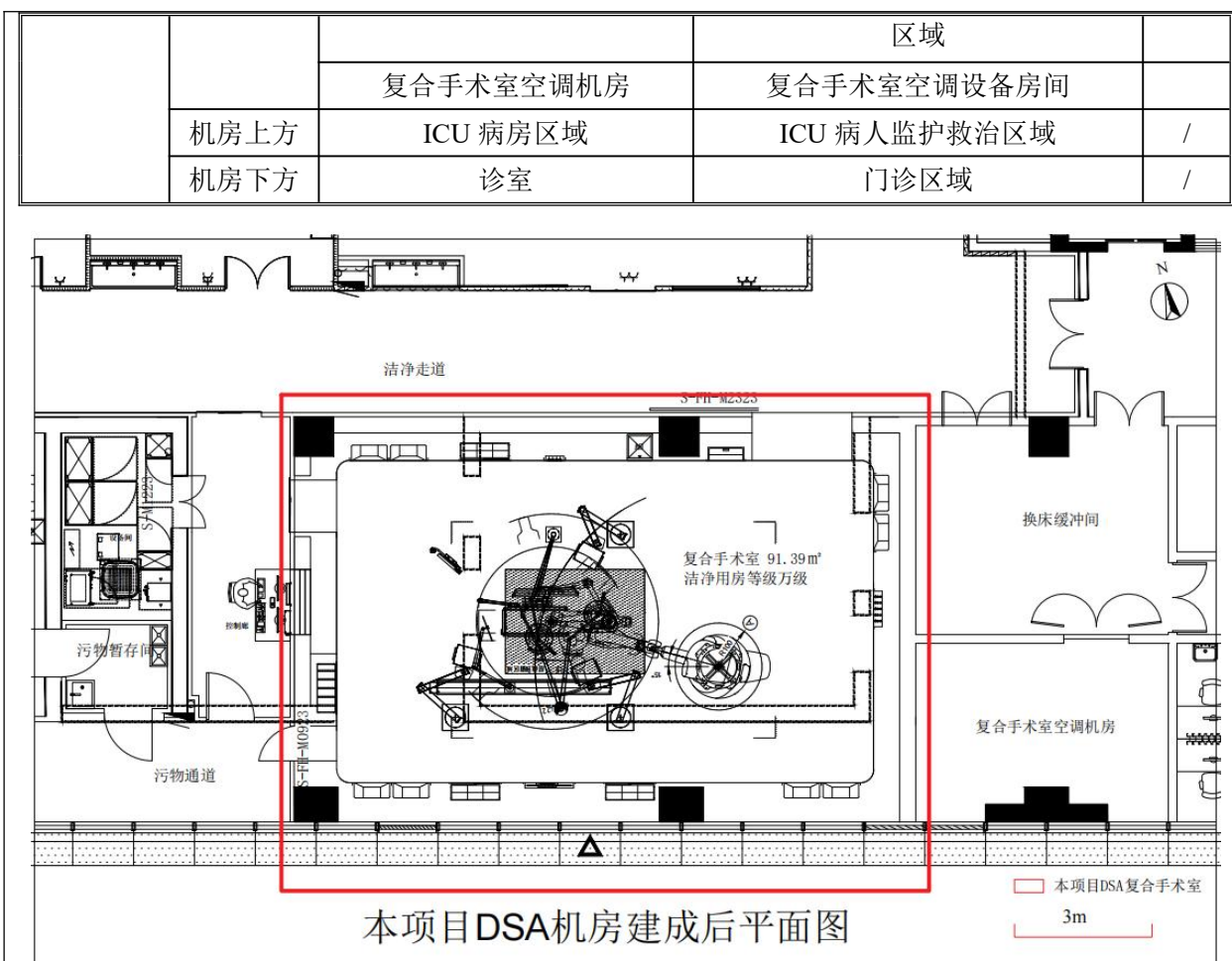


图 10-2 本项目 DSA 复合手术室平面布局图

3) 机房安全装置设计与布置

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020），本项目 DSA 复合手术室安全装置具体设计和布置如下：

①紧急止动装置：在 DSA 控制台上、机房内诊疗床操作面板上均设置紧急停机按钮（各按钮与 X 线系统连接）。DSA 系统的 X 线系统出束过程中，一旦出现异常，按动任一紧急停机按钮，均可停止 X 线系统出束。

②门灯连锁装置：在射线装置机房各入口、屏蔽门中部拟设置“当心电离辐射”警示标志。射线装置机房门上方拟设置醒目的工作状态指示灯，灯箱上设置“当心射线”的可视警示语句，同时，工作状态指示灯能与机房门有效关联。当机房门开启时，警示灯熄灭，机房门关闭时，警示灯开启。

③操作警示装置：X 射线系统出束时，控制台上的指示鸣器发出声音。

④视频监控、对讲装置：在 DSA 复合手术室与控制室之间拟设置观察窗，可有效观

察到病人和受检者状态防护门开闭情况；安装对讲装置，控制室的工作人员通过对讲机与射线装置机房内的人员联系；机房内安装摄像监控系统，在控制台安装监控显示装置，可在控制台实时查看手术室内情况。

⑤警告标志：DSA 复合手术室防护门外的醒目位置，拟设置明显的电离辐射警告标志，在候诊区适当位置设置放射防护注意事项告知栏。

⑥动力通风装置：DSA 复合手术室设置排风系统，拟设置动力通风装置，排风量 900m³/h，保持机房内良好通风。

⑦防夹装置：对 DSA 复合手术室 2 道电动推拉门设置防夹人装置。

本项目 DSA 机房内安全装置布置情况见下图。

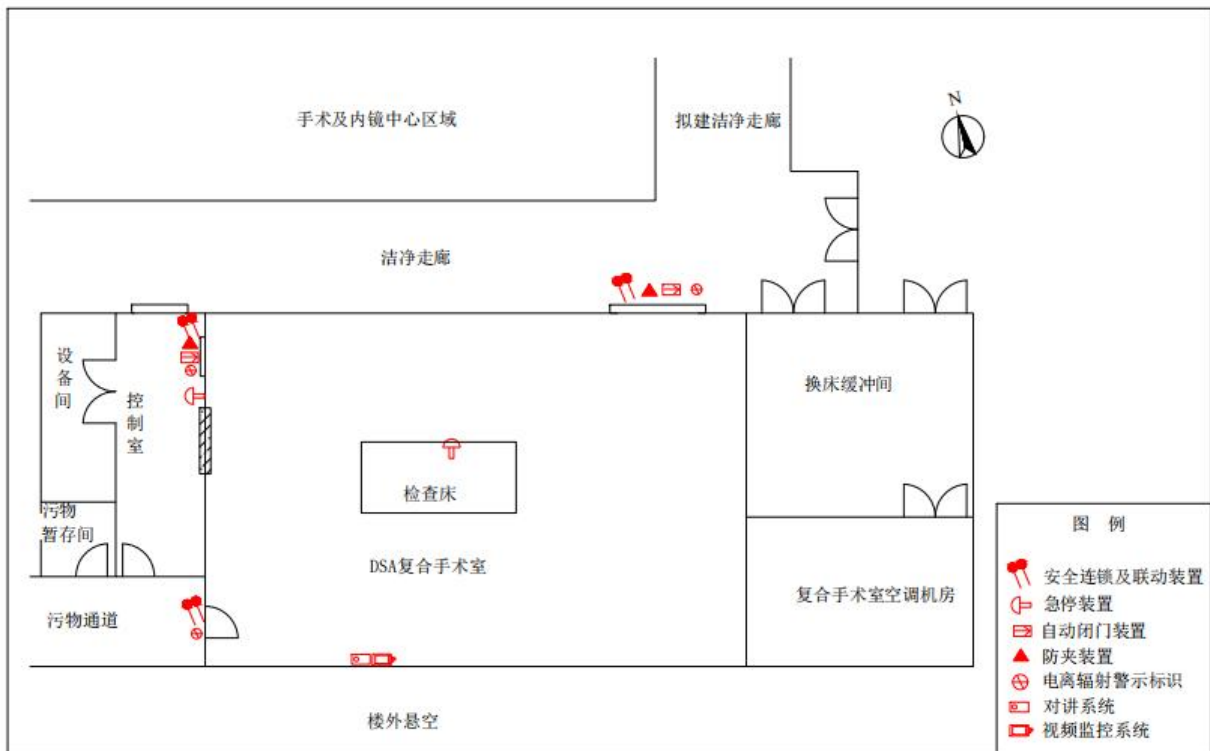


图 10-3 本项目 DSA 机房内安全装置布置

4) 介入过程屏蔽防护

①介入手术过程职业人员进入机房进行透视时，应佩戴好个人防护用具包括：铅衣、铅橡胶帽子、铅橡胶颈套、铅橡胶手套、铅防护眼镜等，其防护铅当量不低于 0.5mm。医院拟为本项目配置铅衣、铅橡胶帽子、铅橡胶颈套、铅橡胶手套、铅防护眼镜等防护用品，配置 2 套，其中铅橡胶手套铅当量不低于 0.025mm，其余防护用品铅当量不低于 0.5mm。

②手术医生在进行透视时，应使用床下铅帘及悬吊铅屏进行局部遮挡。本项目 DSA 由厂家配置床体旁的铅防护吊屏和床下铅帘 1 套（分别 1 件），分别具有 0.5mm 厚的铅当量。

③对病人进行透视时或拍片过程，应采用适当防护设施对病人非病灶部位进行遮挡。本项目拟为病人配置配备铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套等 2 套（成人和儿童分别 1 套），其防护铅当量不低于 0.5mm。

本项目个人防护用品配置情况详见表 10-4。

表 10-4 个人防护用品配备表

放射类型	工作人员个人防护用品		病人或受检者个人防护用品	
	GBZ130-2020 要求	拟设防护用品	GBZ130-2020 要求	拟设防护用品
介入放射性工作	铅橡胶围裙 选配：铅橡胶帽子、铅橡胶颈套、铅橡胶手套、铅防护眼镜	铅衣、铅橡胶帽子、铅橡胶颈套、铅橡胶手套、铅防护眼镜，2 套	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	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套，2 套（成人和儿童各 1 套）

根据表 10-4，医院拟为工作人员和病人（受检者）配备的个人防护用品满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求。个人防护用品不使用时，不应折叠放置，以防止断裂。

④监测仪器：为防止 DSA 操作人员被误照射，医院已配备 1 台便携式辐射监测仪，拟配备 2 台个人剂量报警仪，并为每位辐射工作人员佩戴个人剂量计。

5) 时间防护

在满足诊疗要求的前提下，在每次使用 DSA 进行诊疗之前，根据诊疗要求和病人实际情况制定最优化的诊疗方案，选择合理可行的射线照射参数，减少照射时间。

本项目介入医生须配备双剂量计，其余辐射工作人员配备单剂量计，剂量计应有明显标记，防止剂量计戴反，规范佩戴个人剂量计，每个季度及时对剂量计送检，建立个人剂量健康档案。介入手术医生穿戴铅防护用品、佩戴个人剂量计和携带个人剂量报警仪进入 DSA 复合手术室进行介入手术，产生紧急情况时，介入医生按下诊疗床上的紧急停机按钮或控制室人员按下控制室紧急停机按钮，停止 X 射线出束，不定期用便携式辐射监测仪对 DSA 复合手术室周围进行监测，发现异常，及时处理，减少对外围人员的照射。

本项目与《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）相关要求相符性对比分析如

下表 10-5.

表 10-5 与 (GBZ130-2020) 对照分析表

标准中序号	项目	标准中要求描述	本项目情况	符合性
4.1	管理要求	<p>a)放射诊断设备工作场所的布局、机房的设计和建造;</p> <p>b)配备与检查工作相适应的结构合理的专业人员;</p> <p>c)对工作人员所受的职业照射应加以限制,职业照射剂量限值应符合 GB18871 的规定,个人剂量监测应符合 GBZ128 的要求;</p> <p>d)对放射诊疗工作人员进行上岗前、在岗期间和离岗时的健康检查,定期进行专业及防护知识培训,并分别建立个人剂量、职业健康管理和教育培训档案;</p> <p>e)制定人员培训准则和计划,对人员的专业技能、放射防护知识和有关法律、法规知识进行培训,使之满足放射工作人员的工作岗位要求;</p> <p>f)配置与 X 射线检查工作相适应的诊断设备、检测仪器及防护设施,采取一切合理措施以预防设备故障和人为失误;</p> <p>g)制定并落实放射防护管理制度、实施放射防护质量保证大纲,采取合理和有效的措施,将可能出现的故障和失误的后果减至最小;</p> <p>h)制定相应的放射事件应急计划,应对可能发生的事件,宣传该计划并定期进行实际演练;</p> <p>i)对受检者出现的放射损伤应及时报告卫生行政部门。</p>	<p>1)本项目 DSA 复合手术室四邻及楼上楼下区域不涉及产科、儿科等敏感科室,布局符合要求;根据要求进行了屏蔽设计和建设,根据后文预测计算,屏蔽措施符合要求;</p> <p>2) DSA 配备了专业介入医生、护士和 DSA 操作技师,人员配备合理。</p> <p>3)医院建立了个人健康管理制度,成立了辐射安全与防护管理工作小组负责相关管理工作,对辐射工作人员实行岗前、岗中和离岗健康检查,建立了个人剂量、职业健康管理和教育培训档案。</p> <p>4)云南省第一人民医院对中日友好医院云南医院的综合事务、医疗、人事、财务、科教、后勤等进行集中统一管理。本项目建成后更新完善相关制度,将本项目纳入管理。目前云南省第一人民医院已制定了《辐射工作人员培训制度》,定期组织辐射安全防护知识培训。</p> <p>5)本项目配备了便携式辐射监测仪 1 台,已为工作人员每人配备了个人剂量计(其中介入医生为双剂量计),拟配个人剂量报警仪 2 台。</p> <p>6)云南省第一人民医院对中日友好医院云南医院的综合事务、医疗、人事、财务、科教、后勤等进行集中统一管理。本项目建成后更新完善相关制度,将本项目纳入管理。目前云南省第一人民医院已制定相关制度,制定了一系列辐射安全管理制度,主要为《放射性同位素与射线装置放射突发事件处理应急预案》《放射诊疗建设项目管理制度》《辐射工作职责》《辐射</p>	符合

			<p>防护、安全管理与处理制度》《辐射与消防安全管理细则》《放射工作场所辐射防护管理制度》《核医学工作场所辐射防护管理制度》</p> <p>《射线装置管理制度》《辐射装置维修制度》《放射设备维修保养管理制度》《放射设备质量管理制度》《放射装置质量保证制度》《放射设备定期检修制度》《仪器校验制度》《监测仪器检验与刻度管理制度》《辐射工作人员培训制度》《辐射工作人员资质管理制度》《辐射工作人员个人剂量管理制度》《辐射工作人员健康管理制度》《辐射工作人员岗位职责管理制度》《非密封放射性物质管理制度》《放射源使用管理制度》《辐射安全监测方案》《放射治疗应急处理的规范与流程》《闲置（废弃）放射源及其他放射性废物处置管理制度》</p> <p>《场所设施退役（报废）管理制度》、《DSA 操作规程》。</p> <p>7) 制定了辐射事故应急预案，成立了辐射安全管理委员会。</p>	
6.1	X 射线设备机房布局	<p>6.1.1 应合理设置 X 射线设备、机房的门、窗和管线口位置，应尽量避免有用线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位。</p> <p>6.1.2 X 射线设备机房(照射室)的设置应充分考虑邻室(含楼上和楼下)及周围场所的人员防护与安全。</p> <p>6.1.3 每台固定使用的 X 射线设备应设有单独的机房，机房应满足使用设备的布局要求。</p> <p>6.1.5 新建 X 射线设备机房，其最小有效使用面积、最小单边长度应符合表 2 的规定：“单管头 X 射线机机房内最小有效使用面积 20m²，机房内最小单边长度 3.5m”</p>	<p>本项目 DSA 有用线束由下向上，DSA 复合手术室的防护门、观察窗、管线穿墙位置以及工作人员操作位均不在有用线束直射方向。</p> <p>机房屏蔽设计充分考虑了四周及楼上楼下人员防护要求，经后文预测计算，机房外职业人员和公众所受年附加有效剂量满足要求（职业人员低于 5mSv/a、公众低于 0.25mSv/a）。</p> <p>DSA 复合手术室为独立机房，DSA 复合手术室有效面 91.39m²，机房最小单边长度 7.4m；最小有效使用面积、最小单边长度符合表 2 的规定。</p>	符合
6.2	X 射线设备机房屏蔽	<p>6.2.1 不同类型 X 射线设备(不含床旁摄影设备和便携式 X 射线设备)机房的屏蔽防护应不低于表 3 的规定：C 形臂 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求：有用线束方向铅当量 2.0mmPb，</p>	<p>DSA 复合手术室有用线束朝上，机房楼顶综合铅当量约为 4.5mm；非有用线束各方向包括四面墙和地面，最小综合铅当量约为 3.83mm，机房的屏蔽防护符合“有</p>	符合

		非有用线束方向铅当量 2.0mmPb。	用线束方向铅当量 2.0mmPb, 非有用线束方向铅当量 2.0mmPb”	
6.3	X 射线设备机房屏蔽体外剂量水平	6.3.1 机房的辐射屏蔽防护, 应满足下列要求: a)具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时, 周围剂量当量率应不大于 2.5 μSv/h;	根据后文预测计算, DSA 复合手术室周围各预测点的辐射剂量率最大值为 0.401μSv/h , 满足“周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h 的要求”	符合
6.4	X 射线设备工作场所防护	6.4.1 机房应设有观察窗或摄像监控装置, 其设置的位置应便于观察到受检者状态及防护门开闭情况。 6.4.2 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。 6.4.3 机房应设置动力通风装置, 并保持良好的通风。 6.4.4 机房门外应有电离辐射警告标志; 机房门上方应有醒目的工作状态指示灯, 灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句; 候诊区应设置放射防护注意事项告知栏。 6.4.5 平开机房门应有自动闭门装置; 推拉式机房门应设有曝光时关闭机房门的管理措施; 工作状态指示灯能与机房门有效关联。 6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。 6.4.7 受检者不应在机房内候诊; 非特殊情况, 检查过程中陪检者不应滞留在机房内。	1) 机房西侧控制室墙体设有观察窗, 机房内拟安装摄像装置。 2) 机房内不堆放与诊断工作无关的杂物。 3) 机房设置 1 套通风系统和 1 套排风系统, 设置动力通风装置, 送风量 7800m ³ /h, 排风量 900m ³ /h。 4) DSA 复合手术室防护门外顶部拟设置工作状态指示灯箱, 灯箱上设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句, 工作状态指示灯能与机房门有效关联; 机房防护门外的醒目位置, 拟设置明显的电离辐射警告标志, 在候诊区适当位置设置放射防护注意事项告知栏。 5) 拟对 DSA 复合手术室 2 道电动防护门设置防夹人装置。 6) 机房内不允许受检者候诊, 非特殊情况不允许陪检者进入机房。	符合
6.5	X 射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求	6.5.1 每台 X 射线设备根据工作内容, 现场应配备不少于表 4 基本种类要求的工作人员、受检者防护用品与辅助防护设施, 其数量应满足开展工作需要, 对陪检者应至少配备铅橡胶防护衣。 6.5.3 除介入防护手套外, 防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.25 mmPb; 介入防护手套铅当量应不小于 0.025 mmPb; 甲状腺、性腺防护用品铅当量应不小于 0.5mPb; 移动铅防护屏风铅当量应不小于 2 mmPb。 6.5.4 应为儿童的 X 射线检查配备保护相应组织和器官的防护用品, 防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于	1) 拟为本项目医护人员配置铅衣、铅橡胶帽子、铅橡胶颈套、铅橡胶手套、铅防护眼镜等防护用品, 配置 2 套, 其中铅橡胶手套铅当量不低于 0.025mm, 其余防护用品铅当量不低于 0.5mm。 2) 拟为病人配置配备铅橡胶性腺防护围裙(方形)或方巾、铅橡胶颈套等 2 套(成人和儿童分别 1 套), 其防护铅当量不低于 0.5mm。 3) 安排专人负责管理个人防护用品, 妥善存放, 不得折叠放置。	符合

		0.5mmPb。 6.5.5 个人防护用品不使用时，应妥善存放，不应折叠放置，以防止断裂。		
7.8	介入放射学 X 射线设备操作的防护安全要求	7.8.1 介入放射学、近台同室操作(非普通荧光屏透视)用 X 射线设备应满足其相应设备的防护安全操作要求。 7.8.2 介入放射学用 X 射线设备应具有记录受检者剂量的装置，并尽可能将每次诊疗后受检者受照剂量记录在病历中，需要时，应能追溯到受检者的受照剂量。 7.8.3 除存在临床不可接受的情况外，图像采集时工作人员应尽量不在机房内停留；对受检者实施照射时，禁止与诊疗无关的其他人员在机房内停留。 7.8.4 穿着防护服进行介入放射学操作的工作人员，其个人剂量计佩戴要求应符合 GBZ 128 的规定。	医院已制定 DSA 安全操作规程，由专业人员负责安全操作设备。 DSA 设备具有记录受检者剂量的装置，在每次诊疗后受检者受照剂量记录于病历中。 DSA 设备工作时，除介入医生，其余人员均不在机房内。 本项目介入医生拟配备双剂量计，其余辐射工作人员配备单剂量计，按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）规范佩戴个人剂量计。	符合

综上，本项目 DSA 复合手术室符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）相关要求。

3、环保设施及投资分析

为了保证医用射线装置应用项目工作安全持续开展，医院应投入一定资金建设必要的环保设施，配置监测仪器和个人防护用品。具体环保设施及投资见下表 10-6。

今后在实践中应根据国家发布的法规内容，结合医院实际及时对需要增加的设施、设备作补充，使之更能满足实际需要。

表 10-6 医院环保投资估算一览表

类别	设备、机房、人员	环保设施		投资金额 (万元)	备注
		已有措施	拟设措施		
废气处理	射线装置机房	--	1 套通排风系统系统送风量 7800m ³ /h，排风量 900m ³ /h。	15.0	--
电离辐射防护	辐射防护主体设施工程费用	--	机房墙体、铅门、铅玻璃、防护涂料购买及安装施工；铅悬挂防护屏、床侧防护帘购买及安装施工	20.0	--
	专用防护设计	--	工作状态指示灯 3 套（3 道铅门）、门灯连锁装置 3 套（3 道铅门）；床旁及控制	3.0	

			台紧急停机按钮（设备自带）、电离辐射警示标志 1 套（病人铅门、控制室铅门、污物通道铅门）、两区划分标识 1 套等		
	规章制度	已制定全套规章制度	规章制度上墙	0.1	--
	辐射安全与防护培训	本项目设置 8 名辐射工作人员，其中 7 名已参加辐射安全与防护的培训并取得成绩合格报告单	剩余 1 名辐射工作人员拟参加辐射安全与防护的培训	--	--
个人防护用品	项目涉及设备	--	1、拟为本项目医护人员配置铅衣、铅橡胶帽子、铅橡胶颈套、铅橡胶手套、铅防护眼镜等防护用品，配置 2 套，其中铅橡胶手套铅当量不低于 0.025mm，其余防护用品铅当量不低于 0.5mm。 2、拟为病人配置配备铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套等 2 套（成人和儿童分别 1 套），其防护铅当量不低于 0.5mm。	3.0	--
监测仪器	项目涉及设备	个人剂量计 8 个	便携式辐射监测仪 1 台，个人剂量报警仪 2 台	2.0	--
事故应急	应急物资储备	--	辐射应急药品、监测设备、防护装备等应急物资储备及演练	2.0	--
合计				45.1	--

本项目总投资约 779.8 万元，环保投资约 45.1 万元，占总投资的 5.8%。

三废的治理

1、废气治理措施

根据设计单位提供资料，本项目射线装置机房采用通排风系统进行通排风，送风量 7800m³/h，排风量 900m³/h。DSA 手术室采用排风机机械通风，机房通风良好，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。”的要求。

排风口位于 DSA 复合手术室南侧，临院内道路一侧空气流通较好，对楼上病房影响

较小，DSA 在曝光过程中产生的少量臭氧及氮氧化物经排风管道引致楼外排放，常温下臭氧自行分解为氧气，废气再经稀释扩散后对环境影响很小。

2、废水治理措施

本项目射线装置采用数字成像，无废显、定影液产生，无需相关治理措施。医护人员产生的生活污水依托医院的污水处理设施处置。介入手术及清洗器械产生的医疗废水依托医院的污水处理站进行处理。

3、固体废弃物治理措施

本项目射线装置采用数字成像，不打印胶片，会根据病人的需要刻录光盘，光盘由病人带走并自行处理。介入手术过程中产生的医疗废物暂存于医疗废物箱，依托医院医疗废物管理制度统一处置。医护人员产生的生活垃圾经医院垃圾桶收集后定期清运。

4、噪声治理措施

机房通排风系统的风机工作时将产生一定的噪声，通排风系统设置减振垫，通过距离衰减、墙体隔噪等降噪措施降噪后，对周围环境影响不大。

综上所述，医院针对本项目射线装置产生的各项污染物采取了有效的污染防治措施。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目依托呼吸中心第一住院楼建设，土建工程环评已包含在《云南省昆华国际医院（呼吸区域医疗中心 云南省第一人民医院东院）建设项目环境影响报告书》（批复文号为：官环评审[2022]006 号）中，土建施工环境影响本次环评不涉及。本次环评施工期主要评价内容为防护装修及设备安装调试。产生污染物主要包括扬尘、废水、噪声、废渣、装修废气、包装废物、电离辐射和臭氧等。

一、装修施工的环境影响分析

（1）大气环境影响分析

机房在防护装修时，将产生少量的扬尘和废气，但这方面的影响仅局限在医院内部。本项目施工期间产生的扬尘量较小，通过建设施工中采取湿法作业，尽量降低粉尘对周围环境的影响，施工期产生的少量扬尘对项目周围大气环境影响较小。装修过程中产生的废气污染物相对较少，通过加强通风或室内空气净化措施，在装修时采用“环保型”油漆及涂料，装修时保持场所清洁、湿润，将装修废气的影响降至最低，对周围环境产生的影响可接受。

（2）声环境影响分析

机房在装修阶段产生不同程度的噪声，对周围环境造成一定的影响。在施工时严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）的标准。本项目施工方式主要为人工施工，切割机等设备的使用较少，同时项目施工噪声影响是暂时的，将随着施工期的结束而消失。因此，本项目施工对周围声环境影响时间和强度均较小，但必须重视对施工期噪声的控制，特别是应减小对其他工作单元的不利影响。

针对本项目而言，施工期噪声污染防治措施具体有：

①合理安排施工进度和作业时间，对主要噪声设备应采取相应的限时作业，22:00~6:00 禁止施工作业。

②优先选用低噪声设备，日常应注意对施工机械、设备的维修、保养，使其保持良好的运行状态。

经采取上述有效措施后，可有效降低本项目施工过程中噪声对周围的影响。

(3) 水环境影响分析

①施工期：本项目施工期间，施工人员日常生活会排放一定量的生活污水，经沉淀处理后回用于施工现场，不外排，对周围水环境影响较小。

②运营期：本项目射线装置采用数字成像，无废显、定影液产生，无需相关治理措施。医护人员产生的生活污水依托医院污水处理设施处置。介入手术及清洗器械产生的医疗废水依托医院的污水处理站进行处理。因此，本项目不会对区域水环境产生明显影响。

(4) 固体废物

固体废弃物主要是生活垃圾、建筑垃圾。

①生活垃圾

施工期生活垃圾产生量较小，应妥善处置，保持施工区环境的洁净卫生。生活垃圾采用垃圾箱集中收集后由当地环卫部门统一清运；并且在施工活动中，应严格禁止影响城市生态环境和随意抛洒垃圾的行为。

②建筑垃圾

项目产生建筑垃圾主要是建筑垃圾、一些包装袋、包装箱、碎木块、废水泥等。首先对其中可回收利用部分进行回收，其次对建筑垃圾要定点堆放，由施工单位或承建单位与市政部门联系外运至指定的建筑垃圾堆放场。

采取以上措施后对周围环境影响可接受。

二、安装调试阶段环境影响分析

射线装置安装调试应由厂家专业人员完成，医院不得自行拆卸、安装设备。设备安装调试时，确保各项屏蔽措施落实到位，关闭防护门，在机房门外设立辐射警示标志，禁止无关人员靠近，操作人员必须持证上岗并采取足够安全的个人防护措施，人员离开时机房必须上锁并派人看守。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可接受。

综上，本项目施工期较短，施工量不大，在建设单位的严格监督下，施工方遵守文明施工、合理施工的原则，做到各项环保措施，对环境影响不大，施工结束后，项目施工期环境影响将随之消除。

运行阶段对环境的影响

一、辐射环境影响分析

本项目运营期的主要环境问题是电离辐射污染，即射线装置开机曝光时产生的 X 射线。本项目射线装置尚未安装，本次环评主要通过理论预测的评价方法进行辐射环境影响分析。

（一）机房外辐射环境影响分析

本项目运营期的主要环境问题是电离辐射，即射线装置开机曝光时产生的 X 射线。本项目 DSA 尚未安装，本次环评主要通过理论预测的评价方法进行辐射环境影响分析。

本项目 DSA 主射方向向上，机头有用线束直接照向病人，不会直射到机房四周墙体、楼顶、防护门、铅窗以及管线口，且 DSA 图像增强器对 X 射线主束有屏蔽作用，参照 NCRP147 报告《Structural Shielding Design For Medical X-Ray Imaging Facilities》，DSA 屏蔽估算时不需要考虑主束照射，本项目重点考虑手术过程中泄漏辐射和散射辐射对机房外周围环境的辐射影响。

（1）运行工况及参数选择

为防止烧毁球管、延长设备使用寿命，实际工作时，DSA 管电压和管电流通常都留有较大的余量。根据建设单位提供资料，本项目 DSA 通常透射模式下管电压在 60~75kV、管电流在 5~15mA，拍片模式下管电压在 60~95kV、管电流在 100~650mA。

保守起见，本项目按透射模式（75kV、15mA）、拍片模式（95kV、650mA）进行预测。

DSA 进行曝光时分两种情况：

①减影拍片过程辐射影响分析

操作人员采取隔室操作的方式，医生通过铅玻璃观察窗观察手术室内病人情况，通过对讲系统与病人交流。在减影拍片过程中，医生位于控制室内。

②脉冲透视过程辐射影响分析

病人需进行介入手术治疗时，为更清楚地了解病人情况，会有间歇或连续曝光，并采用连续脉冲透视。该手术操作过程共需两名医生，此时第一手术操作位医师位于铅帘后身着铅服、戴铅眼镜等在曝光室内对病人进行直接的手术操作，距离主射线束距离为 0.3m；第二手术位的医师身着铅服、戴铅眼镜，距离主射线束为 0.8m。

本项目 DSA 投运后，DSA 手术室内的辐射工作人员受到散射和漏射的影响。根据电离辐射水平随着距离的增加而衰减的规律，距离 DSA 手术室最近关注点受到的辐射剂量可以代表最大可能受到的辐射有效剂量，因此本环评选取 DSA 手术室屏蔽墙外、防护门

外、观察窗外 30cm 处，且选取各方位墙、门和窗一侧与源点最近距离处为关注点。

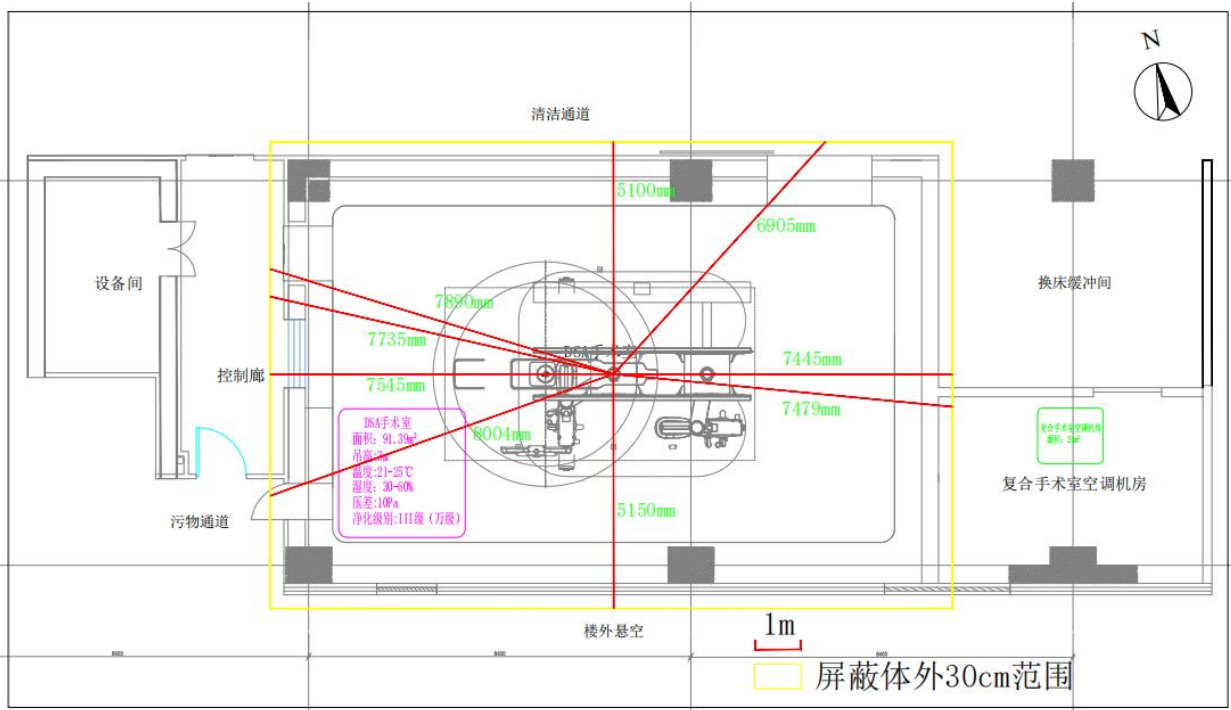


图 11-1 DSA 复合手术室周围各预测点

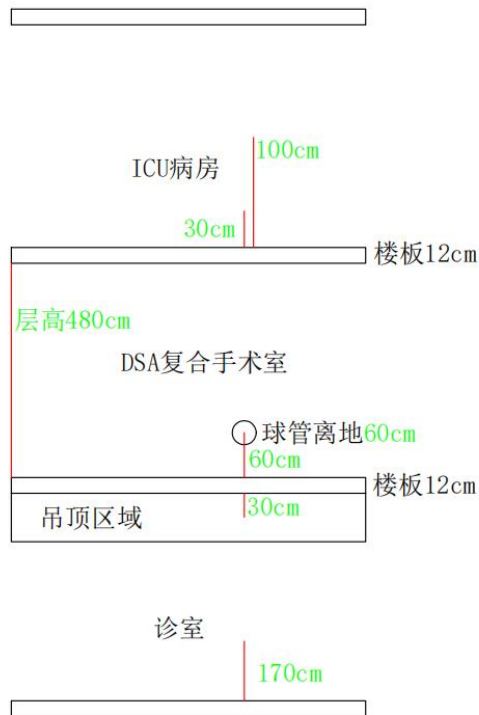


图 11-2 DSA 复合手术室楼上楼下各预测点

(2) 理论预测计算模式

①年附加有效剂量估算

根据辐射安全手册，X-γ射线产生的外照射人均年有效剂量计算公式如下：

$$E=H \times 10^{-3} \times h \times \eta \times W_T \dots\dots\dots \text{(式 11-1)}$$

式中：

H —关注点的剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)；

E —关注点的附加有效剂量 (mSv/a)；

h —工作负荷 (h/a)；

η —对防护区的占用因子，表示人员在防护区停留的时间；经常有人员停留的地方取 1，有部分时间有人员停留的地方取 1/4，偶然有人员停留的地方取 1/16；

W_T —组织权重因子，取 1。

根据建设单位提供资料，本项目 DSA 由呼吸内科管理及使用，年手术量为 1200 台，年透视出束时间 400.0h，年减影出束时间为 40.0h，年总出束时间为 440.0h。

② 泄漏辐射

根据中国原子能出版社 2012 年出版的《实用辐射防护与剂量学》(应用篇)第 9 章“辐射防护屏蔽设计”，泄漏辐射不应超过有用线束平均值的 0.1%。根据《辐射防护手册》(第一分册)(李德平、潘自强主编)，DSA 减影拍片和脉冲透视过程所造成的辐射剂量可按下列式估算：

$$\dot{H} = \frac{\dot{X}_{1m} \times 0.1\%}{R^2} \cdot I \cdot \mu \cdot B \times 8.73 \times 10^3 \times 60 \times W_R \dots\dots\dots \text{(式 11-2)}$$

式中：

\dot{H} —关注点处的剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

\dot{X}_{1m} —每 mA 管电压产生的 X 射线在 1m 处的照射量率， $\text{R}/\text{mA} \cdot \text{min}$ ；根据医院提供资料，本项目 DSA 设备 X 射线过滤材料不小于 3.0mmAl，查《辐射防护手册》(第一分册)图 4.4c，保守考虑取 X 射线过滤为 3.0mmAl 的情况下不同管电压对应的 X 射线照射量率，当减影管电压为 95kV 时，查得 $=0.68\text{R} \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ，当透视管电压为 75kV 时，查得 $=0.45\text{R} \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

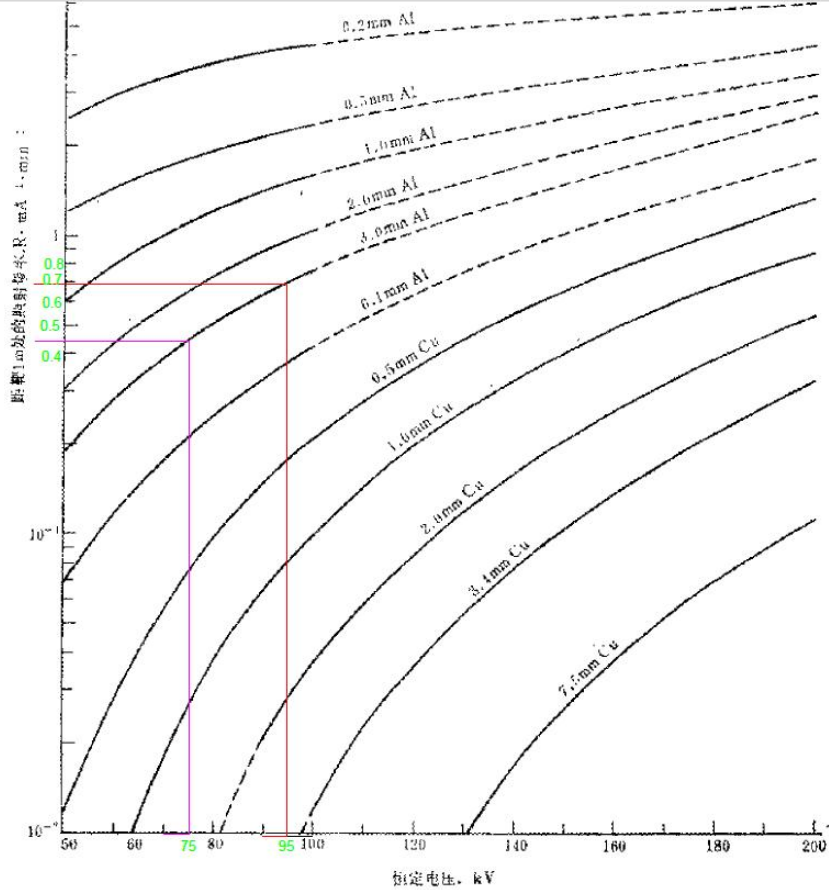


图4.4c 恒定电压为50—200kV的X射线机的输出量**
对于半波发生器，输出量约为图中所示数值的1/3—1/2。

图 11-3 《辐射防护手册》（第一分册）图 4.4c

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

I—管电流，mA；（减影：650mA，透视：15mA）；

μ —利用因子，取 1；

WR—辐射权重因数，取 1；

B—屏蔽透射因子。按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C 中，计算屏蔽透射因子 B 的公式为：

.....（式 11-3）

式中：

B—给定不同屏蔽物质厚度的屏蔽透射因子；

α 、 β 、 γ —不同屏蔽物质对不同管电压 X 射线辐射衰减有关的拟合参数；本项目 DSA 常用最大透视管电压 75kV、最大拍片管电压 95kV，《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）表 C.2 均无 75kV 和 95kV 对应的 X 射线辐射衰减有关的拟合参数，因

此保守采用表中 90kV、100kV 对应的 X 射线辐射衰减有关的拟合参数，查得铅对于 90kV X 射线辐射衰减的拟合参数（铅） $\alpha=3.067$ 、 $\beta=18.83$ 、 $\gamma=0.7726$ ；泄漏射线因和主射线能量一样，故采用常用工况下主射线拟合参数计算其透射因子，100kV（主射）X 射线辐射衰减的拟合参数（铅） $\alpha=2.500$ 、 $\beta=15.28$ 、 $\gamma=0.7557$ 。

X—不同屏蔽物质厚度，mm。

③ 散射辐射

对于病人体表的散射 X 射线可以用反照率法估计。可按下式进行预测估算（引用辐射防护手册第一分册，P437）：

$$H_s = \frac{\dot{X}_{1m}}{(d_0 \cdot d_s)^2} \cdot I \cdot \mu \cdot \frac{\alpha}{400} \cdot S \cdot B \times 8.73 \times 10^3 \times 60 \times W_R \dots\dots\dots \text{（式 11-4）}$$

式中： H_s ——预测点处的散射当量剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

\dot{X}_{1m} ——每 mA 管电压产生的 X 射线在 1m 处的照射量率， $\text{R}/\text{mA}\cdot\text{min}$ ；根据医院提供资料，本项目 DSA 设备 X 射线过滤材料不小于 3.0mmAl，查《辐射防护手册》（第一分册）图 4.4c，保守考虑取 X 射线过滤为 3.0mmAl 的情况下不同管电压对应的 X 射线照射量率，当减影管电压为 95kV 时，查得 $=0.68\text{R}\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ，当透视管电压为 75kV 时，查得 $=0.45\text{R}\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ 。

α ——病人对 X 射线的散射比，根据《辐射防护手册》（第一分册）表 10.1 查表取值，本项目 DSA 透视最大管电压 75kV、减影最大管电压 95kV，保守取管电压 100kV、散射角 90°的散射比 α 为 1.3×10^{-3} ；

S——散射面积， cm^2 ，根据医院提供资料，取 100cm^2 ；

d_0 ——靶点与病人的距离，m，取 0.5m；

d_s ——病人与预测点的距离，m；

B——屏蔽透射因子；本项目 DSA 透视最大管电压 75kV、减影最大管电压 95kV，根据式（11-3）计算，查《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）表 C.2 无 75kV、95kV 对应的 X 射线辐射衰减有关的拟合参数，因此保守采用表中 90kV、100kV 对应的 X 射线辐射衰减有关的拟合参数，查得铅对于 90kV X 射线辐射衰减的拟合参数 $\alpha=3.067$ 、 $\beta=18.83$ 、 $\gamma=0.7726$ ，100kV（散射）X 射线辐射衰减的拟合参数 $\alpha=2.507$ 、 $\beta=15.33$ 、 $\gamma=0.9124$ ；

I——管电流，mA；（减影：650mA，透视：15mA）；

μ ——利用因子，设备运行时，X 射线散射情况下职业及公众人员位于设备一侧的某一

点位， μ 取 1/4；

W_R —辐射权重因数，取 1。

本项目 DSA 手术室四周各关注点的泄漏辐射预测结果见表 11-1，各预测点处散射辐射剂量率计算结果见表 11-2，DSA 手术室周围各预测点总的附加剂量率结果表 11-3，各预测点年受照总附加剂量率结果见表 11-4。

表 11-1 DSA 复合手术室周围各预测点泄漏辐射预测结果表

预测点			模式	辐射源点至关注点的距离R (m) (射线路径为: 源点—关注点)	防护情况	屏蔽透射因子B	剂量率H (μSv/h)
序号	方位	位置					
1	机房西侧	控制室铅门外 30cm	透视	7.89	医生铅门 (4mm 铅当量)	3.69E-07	2.10E-05
			减影			3.39E-06	1.26E-02
2	机房西侧	控制室墙外 30cm	透视	7.735	24cm 实心砖+4cm 硫酸钡防护涂料 (4.67mm 铅当量)	4.73E-08	2.79E-06
			减影			6.34E-07	2.45E-03
3	机房西侧	控制室铅窗外 30cm	透视	7.545	铅玻璃 (4mm 铅当量)	3.69E-07	9.93E-04
			减影			3.39E-06	3.18E-04
4	机房西侧	污物 通道铅门外 30cm	透视	8.004	污物铅门 (4mm 铅当量)	3.69E-07	8.83E-04
			减影			3.39E-06	2.83E-04
5	机房南侧	南墙外 30cm(墙外 悬空)	透视	5.15	24cm 实心砖+4cm 硫酸钡防护涂料 (4.67mm 铅当量)	4.73E-08	2.73E-04
			减影			6.34E-07	1.28E-04
6	机房东侧	复合手术室空调 机房墙外 30cm	透视	7.479	36cm 实心砖 (3.8mm 铅当量)	4.73E-08	1.30E-04
			减影			6.34E-07	6.06E-05
7	机房东侧	换床 缓冲间墙外 30cm	透视	7.445	24cm 实心砖+4cm 硫酸钡防护涂料 (4.67mm 铅当量)	4.73E-08	1.31E-04
			减影			6.34E-07	6.11E-05
8	机房北侧	洁净 通道铅门外 30cm	透视	6.905	病人铅门 (4mm 铅当量)	3.69E-07	1.19E-03
			减影			3.39E-06	3.80E-04
9	机房北侧	洁净 通道 墙外 30cm	透视	5.1	24cm 实心砖+4cm 硫酸钡防护涂料 (4.67mm 铅当量)	4.73E-08	2.79E-04
			减影			6.34E-07	1.30E-04

10	机房楼上	ICU病房（距地面0.3m处）	透视	4.62	12cm钢筋混凝土+3层1200mm*2400mm*15mm的硫酸钡板（4.5mm铅当量）	7.96E-08	5.72E-04
			减影			9.70E-07	2.43E-04
11	机房楼上	ICU病房（距地面1.0m处）	透视	5.32	12cm钢筋混凝土+3层1200mm*2400mm*15mm的硫酸钡板（4.5mm铅当量）	7.96E-08	4.31E-04
			减影			9.70E-07	1.83E-04
12	机房楼下	诊室吊顶区域（距楼板0.3m）	透视	1.02	12cm钢筋混凝土+4cm硫酸钡防护涂料（3.83mm铅当量）	6.22E-07	9.16E-02
			减影			5.18E-06	2.66E-02
13	机房楼下	呼吸内科诊室（距地面1.7m）	透视	3.82	12cm钢筋混凝土+4cm硫酸钡防护涂料（3.83mm铅当量）	6.22E-07	6.53E-03
			减影			5.18E-06	1.90E-03

表 11-2 DSA 复合手术室周围各预测点散射辐射预测结果表

预测点			模式	病人与预测点的 距离 d_s (m)	防护情况	屏蔽透射因子 B	剂量率 H_s ($\mu\text{Sv/h}$)
序号	方位	位置					
1	机房 西侧	控制室铅门外 30cm	透视	7.89	医生铅门 (4mm 铅当量)	3.69E-07	6.81E-06
			减影			3.39E-06	4.09E-03
2	机房 西侧	控制室墙外 30cm	透视	7.735	24cm 实心砖+4cm 硫酸钡防护涂料 (4.67mm 铅当量)	4.73E-08	9.08E-07
			减影			6.34E-07	7.98E-04
3	机房 西侧	控制室铅窗外 30cm	透视	7.545	铅玻璃 (4mm 铅当量)	3.69E-07	7.45E-06
			减影			3.39E-06	4.48E-03
4	机房 西侧	污物 通道铅门外 30cm	透视	8.004	污物铅门 (4mm 铅当量)	3.69E-07	6.62E-06
			减影			3.39E-06	3.98E-03
5	机房 南侧	南墙外 30cm(墙外 悬空)	透视	5.15	24cm 实心砖+4cm 硫酸钡防护涂料 (4.67mm 铅当量)	4.73E-08	2.05E-06
			减影			6.34E-07	1.80E-03
6	机房 东侧	复合手术室空调 机房墙外 30cm	透视	7.479	36cm 实心砖 (3.8mm 铅当量)	4.73E-08	9.71E-07
			减影			6.34E-07	8.53E-04
7	机房 东侧	换床 缓冲间墙外 30cm	透视	7.445	24cm 实心砖+4cm 硫酸钡防护涂料 (4.67mm 铅当量)	4.73E-08	9.80E-07
			减影			6.34E-07	8.61E-04
8	机房 北侧	洁净 通道铅门外 30cm	透视	6.905	病人铅门 (4mm 铅当量)	3.69E-07	8.90E-06
			减影			3.39E-06	5.35E-03
9	机房 北侧	洁净 通道 墙外 30cm	透视	5.1	24cm 实心砖+4cm 硫酸钡防护涂料 (4.67mm 铅当量)	4.73E-08	2.09E-06
			减影			6.34E-07	1.83E-03

10	机房楼上	ICU病房（距地面0.3m处）	透视	4.62	12cm钢筋混凝土+3层1200mm*2400mm*15mm的硫酸钡板（4.5mm铅当量）	7.96E-08	4.29E-06
			减影			9.70E-07	3.42E-03
11	机房楼上	ICU病房（距地面1.0m处）	透视	5.32	12cm钢筋混凝土+3层1200mm*2400mm*15mm的硫酸钡板（4.5mm铅当量）	7.96E-08	3.23E-06
			减影			9.70E-07	2.58E-03
12	机房楼下	诊室吊顶区域（距楼板0.3m）	透视	1.02	12cm钢筋混凝土+4cm硫酸钡防护涂料（3.83mm铅当量）	6.22E-07	6.87E-04
			减影			5.18E-06	3.75E-01
13	机房楼下	呼吸内科诊室（距地面1.7m）	透视	3.82	12cm钢筋混凝土+4cm硫酸钡防护涂料（3.83mm铅当量）	6.22E-07	4.90E-05
			减影			5.18E-06	2.67E-02

表 11-3 DSA 复合手术室周围各预测点总的剂量率结果表

预测点			模式	漏射辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	散射辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	合计 ($\mu\text{Sv/h}$)	标准值 ($\mu\text{Sv/h}$)
序号	方位	位置					
1	机房 西侧	控制室铅门外 30cm	透视	2.10E-05	6.81E-06	2.78E-05	2.5
			减影	1.26E-02	4.09E-03	1.67E-02	2.5
2	机房 西侧	控制室墙外 30cm	透视	2.79E-06	9.08E-07	3.70E-06	2.5
			减影	2.45E-03	7.98E-04	3.25E-03	2.5
3	机房 西侧	控制室铅窗外 30cm	透视	9.93E-04	7.45E-06	1.00E-03	2.5
			减影	3.18E-04	4.48E-03	4.80E-03	2.5
4	机房 西侧	污物 通道铅门外 30cm	透视	8.83E-04	6.62E-06	8.89E-04	2.5
			减影	2.83E-04	3.98E-03	4.26E-03	2.5
5	机房 南侧	南墙外 30cm(墙外悬空)	透视	2.73E-04	2.05E-06	2.75E-04	2.5
			减影	1.28E-04	1.80E-03	1.93E-03	2.5
6	机房 东侧	复合手术室空调机房墙外 30cm	透视	1.30E-04	9.71E-07	1.30E-04	2.5
			减影	6.06E-05	8.53E-04	9.14E-04	2.5
7	机房 东侧	换床 缓冲间墙外 30cm	透视	1.31E-04	9.80E-07	1.32E-04	2.5
			减影	6.11E-05	8.61E-04	9.22E-04	2.5
8	机房 北侧	洁净 通道铅门外 30cm	透视	1.19E-03	8.90E-06	1.20E-03	2.5
			减影	3.80E-04	5.35E-03	5.73E-03	2.5
9	机房 北侧	北墙外 30cm	透视	2.79E-04	2.09E-06	2.81E-04	2.5
			减影	1.30E-04	1.83E-03	1.97E-03	2.5
10	机房楼上	ICU 病房(距地面 0.3m 处)	透视	5.72E-04	4.29E-06	5.76E-04	2.5

			减影	2.43E-04	3.42E-03	3.66E-03	
11	机房楼上	ICU病房(距地面 1.0m 处)	透视	4.31E-04	3.23E-06	4.34E-04	2.5
			减影	1.83E-04	2.58E-03	2.76E-03	2.5
12	机房楼下	诊室吊顶区域(距楼板 0.3m)	透视	9.16E-02	6.87E-04	9.23E-02	2.5
			减影	2.66E-02	3.75E-01	4.01E-01	2.5
13	机房楼下	呼吸内科诊室(距地面 1.7m)	透视	6.53E-03	4.90E-05	6.58E-03	2.5
			减影	1.90E-03	2.67E-02	2.86E-02	2.5

表 11-4 DSA 复合手术室周围各预测点总的有效剂量率结果表

预测点			模式	漏射辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	散射辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	合计 ($\mu\text{Sv/h}$)	年最大 出束时 间 (h)	居留因 子 η	有效剂量 E (mSv/a)	合计 (mSv/a)	标准 (mSv/a)	保护类 型
序号	方位	位置										
1	机房 西侧	控制室铅门外 30cm	透视	2.10E-05	6.81E-06	2.78E-05	400	1	1.11E-05	6.79E-04	5	职业
			减影	1.26E-02	4.09E-03	1.67E-02	40		6.68E-04			
2	机房 西侧	控制室墙外 30cm	透视	2.79E-06	9.08E-07	3.70E-06	400	1	1.48E-06	1.31E-04	5	职业
			减影	2.45E-03	7.98E-04	3.25E-03	40		1.30E-04			
3	机房 西侧	控制室铅窗外 30cm	透视	9.93E-04	7.45E-06	1.00E-03	400	1	4.00E-04	5.92E-04	5	职业
			减影	3.18E-04	4.48E-03	4.80E-03	40		1.92E-04			
4	机房 西侧	污物 通道铅门外 30cm	透视	8.83E-04	6.62E-06	8.89E-04	400	1/4	8.89E-05	1.32E-04	0.25	公众
			减影	2.83E-04	3.98E-03	4.26E-03	40		4.26E-05			
5	机房 南侧	南墙外 30cm(墙 外悬空)	透视	2.73E-04	2.05E-06	2.75E-04	400	1/16	6.88E-06	1.17E-05	0.25	公众
			减影	1.28E-04	1.80E-03	1.93E-03	40		4.83E-06			
6	机房 东侧	复合手术室空 调机房墙外 30cm	透视	1.30E-04	9.71E-07	1.30E-04	400	1/4	1.30E-05	2.21E-05	0.25	公众
			减影	6.06E-05	8.53E-04	9.14E-04	40		9.14E-06			
7	机房 东侧	换床 缓冲间墙外 30cm	透视	1.31E-04	9.80E-07	1.32E-04	400	1/4	1.32E-05	2.24E-05	0.25	公众
			减影	6.11E-05	8.61E-04	9.22E-04	40		9.22E-06			
8	机房 北侧	洁净 通道铅门外 30cm	透视	1.19E-03	8.90E-06	1.20E-03	400	1/4	1.20E-04	1.77E-04	0.25	公众
			减影	3.80E-04	5.35E-03	5.73E-03	40		5.73E-05			
9	机房 北侧	北墙外 30cm	透视	2.79E-04	2.09E-06	2.81E-04	400	1/4	2.81E-05	4.78E-05	0.25	公众
			减影	1.30E-04	1.83E-03	1.97E-03	40		1.97E-05			

10	机房楼上	ICU 病房（距地面 0.3m 处）	透视	5.72E-04	4.29E-06	5.76E-04	400	1	2.30E-04	3.77E-04	0.25	公众
			减影	2.43E-04	3.42E-03	3.66E-03	40		1.46E-04			
11	机房楼上	ICU 病房（距地面 1.0m 处）	透视	4.31E-04	3.23E-06	4.34E-04	400	1	1.74E-04	2.84E-04	0.25	公众
			减影	1.83E-04	2.58E-03	2.76E-03	40		1.10E-04			
12	机房楼下	诊室吊顶区域（距楼板 0.3m）	透视	9.16E-02	6.87E-04	9.23E-02	400	1	3.69E-02	5.30E-02	0.25	公众
			减影	2.66E-02	3.75E-01	4.01E-01	40		1.60E-02			
13	机房楼下	呼吸内科诊室（距地面 1.7m）	透视	6.53E-03	4.90E-05	6.58E-03	400	1	2.63E-03	3.78E-03	0.25	公众
			减影	1.90E-03	2.67E-02	2.86E-02	40		1.14E-03			

(3) 预测结果

根据前述计算结果，根据表 11-3 可知，DSA 复合手术室周围各预测点的辐射剂量率最大值为 $4.01 \times 10^{-1} \mu\text{Sv/h}$ （位于机房西侧控制室铅门外 30cm 处），满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）规定的机房屏蔽体外的周围剂量当量率控制目标值应不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 的要求。

根据前述计算结果，本项目 DSA 手术室周围各预测点总的年受照有效剂量见表 11-4。根据表 11-4 可知，本项目所致机房外职业人员（表 11-4 中 1#点，机房西侧控制室铅门外 30cm）受到的附加有效剂量最大为 $6.79 \times 10^{-4} \text{mSv/a}$ ，低于本次评价的职业年有效剂量管理限值 5mSv/a ；公众（表 11-4 中 12#号点，机房楼下诊室吊顶区域（距楼板 0.3m），人员不可达）受到的附加有效剂量最大为 $5.30 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ ，低于本次评价的公众年有效剂量管理限值 0.25mSv/a 。另外，本项目共有 2 名操作技师，操作技师位于控制室，共两组，根据表 11-4 可知，控制室的有效剂量最大值为 $6.79 \times 10^{-4} \text{mSv/a}$ ，则 DSA 操作技师年受照有效剂量最大约为 $3.395 \times 10^{-4} \text{mSv/a}$ （ $6.79 \times 10^{-4} \text{mSv/a} \div 2$ ），低于职业年有效剂量管理限值 5mSv/a 。

本项目已根据设备全年出束时间计算本项目临近保护目标的年有效剂量，由于随着距离的增加剂量随即衰减，本项目评价范围的环境保护目标小于机房相邻区域的辐射剂量。

(二) 机房内辐射环境影响分析

根据医院提供资料，DSA 手术室内仅存在透视操作情况，对于机房内职业人员（介入医生），需考虑透视模式下受到的辐射剂量。参照《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》（WS76-2020）表 B.1 和图 I.3 规定：透视防护区检测平面上周围剂量当量率应不大于 $400 \mu\text{Sv/h}$ 。本项目透视状态下室内介入医生受照剂量率源强取 $400 \mu\text{Sv/h}$ 。

本项目辐射工作人员在机房内操作时身穿铅衣、戴铅围脖等，这些防护用品均为 0.5mm 铅当量。本项目 DSA 透视最大管电压 75kV ，查《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）表 C.2 无 75kV 对应的 X 射线辐射衰减有关的拟合参数，因此保守采用表中 90kV 对应的 X 射线辐射衰减有关的拟合参数，查得铅对于 90kV X 射线辐射衰减的拟合参数 $\alpha=3.067$ 、 $\beta=18.83$ 、 $\gamma=0.7726$ ，根据（式 11-3）计算可得， 0.5mm 铅当量防护用品对应的屏蔽透射因子约为 0.0252 ，即医生在透视工况下的最大受照剂量率水平为 $10.08 \mu\text{Sv/h}$ 。

综合以上分析，本项目机房内辐射工作人员年附加有效剂量估算结果见表 11-5。

表 11-5 本项目机房内辐射工作人员年有效剂量估算结果表

射线装置	科室	最大受照剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	年最大透视时间 (h)	医生分组数 (组)	每组年最大透视时间 (h)	居留因子	每组医生年有效剂量 (mSv/a)
DSA	呼吸内科	10.08	400	2	200	1	2.016

注：医生在机房内操作时身穿铅衣、戴铅手套、铅眼镜、铅围脖，这些防护用品均相当于 0.5mm 铅当量。

根据表 11-5 可知，本项目 DSA 对呼吸内科介入医生造成的年有效剂量最大为 2.016mSv/a，均低于职业年有效剂量管理限值 5mSv/a。因此，本项目 DSA 实际运行时对机房内工作人员的累积剂量应更小，更能够满足评价标准要求。

综上所述，根据预测结果表明，本项目 DSA 运行后，对机房内职业人员造成的年有效剂量最大为 2.016mSv/a，DSA 复合手术室控制室机房外职业人员年有效剂量最大为 $6.79 \times 10^{-4} \text{mSv/a}$ ，低于本次评价的职业年有效剂量管理限值 5mSv/a；DSA 复合手术室周围公众年有效剂量最大为 $5.30 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ ，低于本次评价的公众年有效剂量管理限值 0.25mSv/a。评价范围内公众和辐射工作人员年有效剂量满足管理限值要求。经机房实体屏蔽防护后，本项目投入使用后对评价范围（50m）内环境保护目标环境影响较小。

此外，本项目 DSA 评价范围内无其他 II 类射线装置重叠，故不作叠加影响分析。

二、大气环境影响分析

根据设计单位提供资料，本项目射线装置机房采用通排风系统进行通排风，送风量 $7800 \text{m}^3/\text{h}$ ，排风量 $900 \text{m}^3/\text{h}$ 。

排风口位于 DSA 复合手术室南侧，临院内道路一侧空气流通较好，对楼上病房影响较小，DSA 在曝光过程中产生的少量臭氧及氮氧化物经排风管道引致楼外排放，常温下臭氧自行分解为氧气，废气再经稀释扩散后对环境影响很小。

三、水环境影响分析

本项目射线装置采用数字成像，无废显、定影液产生，无需相关治理措施。医护人员产生的生活污水依托医院污水处理设施处置。介入手术及清洗器械产生的医疗废水依托医院的污水处理站进行处理。因此，本项目不会对区域水环境产生明显影响。

四、声环境影响分析

本项目声环境影响主要是机房通排风系统风机工作时会产生一定的噪声，本项目新

风系统风机采用静音风机并安置于缓冲间吊顶上方，排风系统风机采用静音风机安置于手术室吊顶上方，医院在购置设备时已选购风量符合工作要求的成品，设备工作时噪声量也符合国家标准要求，拟对空调机组设置减振垫、排风机设置减振吊架，通过距离衰减、墙体隔噪和降噪措施降噪后，对周围环境影响不大。因此，本项目不会对周围声环境产生明显影响。

五、固体废弃物环境影响分析

本项目射线装置采用数字成像，不打印胶片，会根据病人的需要刻录光盘，光盘由病人带走并自行处理。介入手术过程中产生的医疗废物暂存于医疗废物箱，依托医院医疗废物管理制度统一处置。医护人员产生的生活垃圾经医院垃圾桶收集后定期清运。因此，本项目不会对周围产生明显影响。

事故影响分析

本项目新增 1 台 DSA，属于 II 类射线装置，对于 X 射线装置，当设备关机时不会产生 X 射线，只有当设备开机出束时才会产生 X 射线等危害因素。其 X 射线能量不大，曝光时间比较短，事故情况下，人员误入且被误照射情况下，可能导致人员受到超过年剂量限值的照射。

1、II 类射线装置（DSA）事故状态分析

II 类射线装置可能发生的三种事故工况：

- （1）门机联锁装置发生故障，人员误入正在运行的加速器机房导致误照射；
- （2）医护人员还未全部撤离机房，即进行出束治疗，致使人员受到不必要的照射；
- （3）射线装置检修、维护过程，工作人员误操作或者曝光参数设置错误，造成人员被误照射，引发辐射事故。

2、事故情况下环境影响分析

（一）事故等级判断依据

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第 449 号），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（I 级）、重大辐射事故（II 级）、较大辐射事故（III 级）和一般辐射事故（IV 级）四个等级，详见表 11-7。

表 11-7 辐射事故等级划分表

事故等级	判定标准
------	------

特别重大辐射事故 (I级)	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。
重大辐射事故 (II级)	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。
较大辐射事故 (III级)	III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。
一般辐射事故 (IV级)	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。

(二) 最大潜在事故后果计算

(1) 事故状态下人员受照剂量估算

本项目 DSA 主射方向向上,事故情况下人员均处于非主束方向。机房内设置可以观察机房的监控设备,同时在减影曝光时间,操作人员在控制室内会通过观察窗随时观察病患情况,因此有无关人员误入机房时会很快发现并及时停止出束,主要考虑介入医生在手术室内射线装置在运行情况下的辐射事故。根据医院提供资料,一台 DSA 手术减影时间 2min、透视时间 20min,因此,无关人员误入按 2min 减影时间计算公众受照误照射剂量,以 10min 透视时间估算职业人员无防护情况下造成误照射剂量。

根据计算,一台手术事故情况下工作人员及公众所受到的有效剂量当量见表 11-8。

表 11-8 不同事故情况下人员受照剂量估算结果

事故情况	与射线束之间最近距离	人员	防护情况	曝光方式	曝光时间	DSA 致剂量当量估算 (mSv/次)
公众 (误入或未撤离)	0.3m (侧向)	公众	无防护	透视	2min	2.24E+00
	1m (侧向)	公众	无防护	透视	2min	2.02E-01
第一术者位	0.3m (侧向)	职业	医生在设备自带铅帘 (0.5mm 铅当量) 后操作,未穿铅衣	透视	10min	3.20E-01
	0.3m (侧向)	职业	未使用铅帘遮挡,未穿铅衣,无防护	透视	10min	1.27E+01
第二术者位	0.8m (侧向)	职业	未使用铅帘遮挡,未穿铅衣,无防护	透视	10min	1.79E+00

说明:以正常工作时透视最大管电压 75kV、最大管电流 15mA 进行计算;源强按照无屏蔽状态下泄漏辐射和散射辐射总和。

从表 11-8 估算结果可以看出:机房防护门联锁装置发生故障,导致无关人员误入;设备故障造成机房内的病人、医护人员受到超剂量照射;公众误入、未撤离机房而进行曝光造成误照射;机房内医生违规操作导致误照射时,①处于射线侧向 0.3m 时一台手术所致公众所受剂量为 2.24mSv,超过公众 0.25mSv/a 的行政管理限值,也超过《电离辐射

防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中公众的国家标准限值 1mSv/a 要求,属于一般辐射事故;处于射线侧向 1m 时一台手术所致公众所受剂量为 0.202mSv,低于公众行政管理限制和国家标准限值,不构成辐射事故;②机房内第一术者位在没有穿防护服有设备自带铅帘遮挡情况下,一台手术致医生所受剂量最大为 0.32mSv,低于职业人员 5mSv/a 的行政管理限值;手术室内第一术者位医生未穿防护服且无铅帘遮挡情况下,一台手术致医生所受剂量为 12.7mSv,超过职业人员 5mSv/a 的行政管理限值,未超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中职业的国家标准限值 20mSv/a 要求;手术室内第二术者位未使用铅帘遮挡,未穿铅衣等任何防护下,一台手术致医生所受剂量为 1.79mSv,未超过职业人员 5mSv/a 的行政管理限值,未超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中职业人员的国家标准限值 20mSv/a 要求,不构成辐射事故。

(2) 事故状态下人员受到超剂量照射时间估算

本项目职业人员和公众在不同事故情况下受到超年剂量限值曝光时间的计算见表 11-9。

表 11-9 不同事故情况下人员受到超剂量照射的时间估算结果

事故情况	与射线束之间最近距离	人员	防护情况	曝光方式	受照剂量限值	受照时间 t (min)
公众(误入或未撤离)	0.3m(侧向)	公众	无防护	透视	1mSv	0.07
	1m(侧向)	公众	无防护	透视	1mSv	8.92
第一术者位	0.3m(侧向)	职业	医生在设备自带铅帘(0.5mm 铅当量)后操作,未穿铅衣	透视	20mSv	57.44
	0.3m(侧向)	职业	未使用铅帘遮挡,未穿铅衣,无防护	透视	20mSv	1.44
第二术者位	0.8m(侧向)	职业	未使用铅帘遮挡,未穿铅衣,无防护	透视	20mSv	73.06

说明:以正常工作时透视最大管电压 75kV、最大管电流 15mA 进行计算;源强计算按照无屏蔽状态下泄漏辐射和散射辐射总和。

根据上表 11-9 当 DSA 在运行时,公众人员误入机房,在机房内与射线束侧向 0.3m 处受照时间达到 0.07min 所致剂量为 1mSv,达到公众年剂量限值,可造成公众人员超剂量照射,构成一般辐射事故;②公众在射线束侧向 1.0m 处(手术室门内区域)受照时间达到 8.92min 所致剂量为 1mSv,达到公众年剂量限值,可造成公众人员超剂量照射,8.92min 足够时间反应并撤出手术室,不构成一般辐射事故;③手术室内第一术者位医生

在没有穿防护服但有铅帘遮挡情况下，受照射时间超过 57.44min 所致剂量超过 20mSv，可造成职业人员超剂量的照射，因一台手术医生在手术室内操作时间仅为透视时间 20min，故该状况不构成辐射事故；④手术室内第一术者位医生在没有穿防护服且无铅帘遮挡情况下，受照射时间超过 1.44min 时所致剂量超过 20mSv，可造成职业人员超剂量的照射，构成一般辐射事故；⑤手术室内第二术者位医生在没有穿防护服且无铅帘遮挡情况下，受照射时间超过 73.06min 时所致剂量超过 20mSv，可造成职业人员超剂量的照射，因一台手术医生在手术室内操作时间仅为透视时间 20min，该状况不构成辐射事故。

因此，当事故情况下，公众人员误入 DSA 手术室内部在距离射线束周围 0.3m 以内，可造成公众人员超剂量照射，构成一般辐射事故；手术室内第一术者位医生违规操作，在没有穿防护服且无铅帘遮挡情况下，一台手术可造成职业人员超剂量的照射，构成一般辐射事故。

3、事故风险防范措施

对前述本项目 X 射线装置可能发生的事故情况，为了防止其发生，应采取多种风险防范措施：

①控制室操作台和机房内诊疗床操作面板上均安装有紧急停机按钮，当设备出现错误或故障时，能中断照射，并有相应故障显示；

②机房的防护门外近处有醒目的电离辐射警告标志及工作指示灯；

③必须按操作规程并经控制台确认验证设置无误时，才能由“启动”键启动照射；

④介入手术时，操作医生需确认机房内无其他闲杂人等，铅防护门正常关闭之后才能开启曝光；

⑤辐射工作人员在进行辐射工作时必须穿戴防护用品，并佩戴个人剂量计和携带个人剂量报警仪，严禁在无任何防护措施情况下进行曝光。

⑥定期认真地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者检查，制定各项管理制度并严格按照要求执行，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生；

⑦辐射工作人员需严格按射线装置操作规程进行操作，并应将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置；

⑧定期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定期更换，并建立射线装置维护、维修台账。

⑨在诊断过程中应注意对被检者的防护，合理使用 X 射线，实施医疗照射防护最优化的原则，实际操作中可采用“高电压、低电流、重过滤、小视野”的办法，使被检者所受的剂量，达到合理的尽可能的低水平。

4、辐射事故应急措施

如果出现人员误入射线装置机房或射线装置失控，应立即消除事故源，防止事故继续蔓延和扩大，即第一时间断开电源（如立即启动“紧急止动开关”），停止 X 射线的产生，保护好事故现场，立即启动应急预案，并对受误照射人员进行医学诊断和观察。

以上各种事故的防范与对策措施，可减少或避免放射性事故的发生率，从而保证项目的正常运营，也保障了工作人员、公众的健康与安全。目前云南省第一人民医院已制定有辐射事故应急预案见附件 7，本项目建成后，将完善更新辐射事故应急预案，将本项目统一纳入云南第一人民医院管理。

夏林夏林

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

1、辐射安全管理机构

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规要求，使用Ⅱ类射线装置的单位应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。

因为中日友好医院云南医院由云南省第一人民医院全权接管，以分院区模式运行；本项目建成后，将完善更新辐射安全管理相关制度，将本项目统一纳入云南第一人民医院管理。目前已有云南省第一人民医院 2022 年 11 月 11 日发布的《云南省第一人民医院关于调整放射防护与辐射安全管理委员会的通知》（见附件 5），设置放射防护与辐射安全管理委员会；负责日常辐射安全与环境保护管理工作，有领导分管、管理机构健全。辐射安全与防护管理委员会的职责包括：（1）根据国家法律和各级行政管理部門的管理规定，负责建立和完善医院射线装置、放射源、密封、非密封放射性物质的管理、防护制度；（2）加强射线装置、放射源、密封、非密封放射性物质等放射防护管理工作的检查和监管，定期组织对放射诊疗工作场所、设备、人员进行防护检测、监测；（3）基建科、环卫科、国资处、设备科等部门负责对新建、改扩建、拆迁有关放射防护工程进行前期可行性研究，并及时向卫生、生态环境部门报批；（4）环卫科负责办理密封、非密封放射性物质(药品)转让环保审批；（5）环卫科负责组织从事放射性工作人员的健康体检和辐射安全培训；（6）医务处负责对各射线装置、放射源、密封、非密封放射性物质使用科室依法、依规的诊疗活动进行监管；（7）药学部负责对密封、非密封放射性物质(药品)生产、订购、安全使用进行监管；（8）国资处、设备科、环卫科及使用科室负责射线装置及防护设备、设施的日常管理和维护；（9）各射线装置、放射源、密封、非密封放射性物质使用科室应严格遵守各项法律法规和医院辐射安全管理相关制度。

人员设置如下：

表 12-1 辐射安全与防护管理领导小组人员设置表

职务	人员
主任	邹弘驹（院长）
副主任	吴永寿、郭强
成员	张恒斌、邹弘驹、韩芳、曹玮、柏灿华、王罡、江勇、季云海、寿涛、张宏、宋正己、李永生、李启艳
办公室主任	邓斌
成员	栾秋红、杨智、刘炜、谢兵华（专职）、阎成莉、杨丽鹏、吴小明

2、辐射工作人员考核学习

本项目设定 8 名辐射工作人员，均为原有工作人员，其中 4 名医生、2 名护士已取得核技术利用辐射安全与防护考核成绩报告单；放射科 2 名技师，其中 1 名原为从事 III 类射线装置工作人员，参加了医院自主培训，1 名已取得核技术利用辐射安全与防护考核成绩报告单。按照《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）和《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），本项目 1 名放射科技师应参加生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习相关知识并参加考核，考核合格后方可上岗；原有取得辐射安全与防护培训合格证书的辐射工作人员应在证书到期前在生态环境部辐射与防护培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn/>）报名学习，并参加云南省生态环境厅组织的现场考核。

辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关管理要求，使用射线装置的单位应当具备健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等。并根据《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序》的相关要求，将其与医院管理制度现状列于表 12-2 中进行对照分析。

表 12-2 管理制度汇总对照表

序号	检查项目		落实情况	备注
1	A 综合	辐射防护安全管理制度	已制定《辐射防护和安全保卫制度》	已制定，需将本项目纳入
2	B 场所设施	操作规程	已制定《射线装置安全操作规程》、《DSA 操作规程》	已制定，需根据 DSA 射线装置操作规程更

				新完善
3		辐射安全和防护设施维护维修制度	已制定《设备检修维护制度》	已制定，需将本项目纳入
4	C 监测	监测方案	已制定《辐射工作场所现场监测制度、方案》	已制定，需将本项目纳入
5		监测仪表使用与校验管理制度	已制定《监测仪器校验与刻度管理制度》	已制定，需将本项目纳入
6	D 人员	辐射工作人员培训/再培训管理制度	已制定《辐射工作人员培训制度》	完善制度，本项目辐射工作人员应按制度严格执行
7		辐射工作人员个人剂量管理制度	已制定《辐射工作人员个人剂量管理制度》	
8	E 应急	辐射事故应急预案	已制定《放射性同位素与射线装置放射突发事件处理应急预案》	应做好应急人员的组织培训和应急及救助的装备、资金、物资准备，并将本项目射线装置纳入应急适用范围。

根据表 12-2，医院的辐射安全管理规章制度如下：

①制定了辐射安全管理规定、辐射工作人员岗位职责，加强对辐射工作场所的管理工作，防止出现辐射事故。

②制定了人员培训制度，对没有参加培训的放射工作人员，尽快安排参加环保部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习相关知识并参加考核。

③制定了辐射设备维护、维修制度和辐射安全防护设施维护与维修制度，使设备和防护设施处于良好运行状态，严格控制设备和防护设施安全质量，防止出现安全事故。医院应定期对射线装置进行维护及保养，确保设备的正常使用，防止出现安全事故。

④制定了辐射监测方案，方案中明确了医院对工作场所进行自主监测和委托有资质单位进行年度监测，个人剂量检测不超过三个月。医院应补充监测方案内容，如需说明监测时的布点要求、监测时所使用的国家标准、以及监测后的数据处理等内容。

⑤制定了辐射事故应急预案，规定了突发辐射事故应急指挥部的职责、具体的处置流程、联系电话、事故上报等内容以应对可能发生的辐射事故。医院应做好应急和救助的资金、物资准备，加强应急人员的组织培训等。

综上，医院制定的各种安全管理制度较全面，具有可行性。在医院放射防护与辐射安全管理委员会领导下，明确各科室人员责任，按照制定的辐射安全管理规章制度各科室人员严格落实，定期对辐射安全控制效果进行评议，制度执行情况较好。此外，医院

需根据制度实际运行情况，不断调整完善各项规章制度，并落实专人负责；从事辐射诊疗的工作人员必须严格按照制定的规章制度和应急处理措施进行辐射诊疗工作；对于操作规程、岗位职责和辐射事故应急预案响应程序等制度应张贴于工作场所墙面醒目处。

辐射监测

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》及相关管理要求，医院应为辐射工作人员配备个人防护用品和个人剂量监测仪器，同时配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量报警仪、X射线监测仪等。

个人剂量报警仪应有足够的可靠性、灵敏度和准确度，在辐射水平较高或可能突然升高的地方工作时，工作人员应使用个人剂量报警仪。医院应建立放射性诊疗项目的日程辐射监测方案，每季度对项目涉及的设备四周屏蔽措施进行检查；同时接受生态环境部门开展的辐射监督（监测）检查。项目运行过程中，每年应请具备有资质的监测单位对工作场所辐射情况进行监测，判断射线装置是否处于有效屏蔽状态，防止意外发生。监测数据编入《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》，上报当地生态环境主管部门。

建设方应为医院所有辐射工作人员配备个人剂量计，保证所有辐射工作人员在进行辐射工作时专人佩戴，每季度定期送相关专业单位检测个人剂量，并建立个人剂量健康档案。并对检测结果及时分析，若检测结果存在超过个人剂量管理限值的情况，应及时查明原因，及时解决。

1、个人剂量监测

为测量本项目辐射工作人员（医用射线装置操作人员）在一段时间的受照剂量，借以限制辐射工作人员的剂量当量和评价工作场所的安全情况，项目单位拟为本项目辐射工作人员配备个人剂量计并进行个人剂量监测（外照射个人剂量监测）。医院设有专人负责个人剂量监测管理（监测周期一般为 1 个月，最长不应超过 3 个月），并建有辐射工作人员个人剂量档案。

建设单位辐射工作人员在日常接触辐射工作过程中应正确佩戴个人剂量计，于比较均匀的辐射场，当辐射主要来自前方时，剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般在左胸前或锁骨对应的领口位置；当辐射主要来自人体背面时，剂量计应佩戴在背部中间。对于如介入放射学、核医学放射药物分装与注射等全身受照不均匀的工作情况，应

在铅围裙外锁骨对应的领口位置佩戴剂量计，并建议采用双剂量计监测方法（在铅围裙内躯干上再佩戴另一个剂量计），且宜在身体可能受到较大照射的部位佩戴局部剂量计（如头箍剂量计、腕部剂量计、指环剂量计等）。

2、辐射工作场所自我监测要求

（1）监测项目：X- γ 辐射剂量率；

（2）监测布点及数据管理：监测布点应与环评监测布点、验收监测布点一致，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。

（3）监测频次：对于 X- γ 辐射剂量率应自行配备监测设备每季度监测 1 次；

（4）监测布点、监测频次和监测点位及范围见表 12-3；

（5）监测设备：X- γ 辐射剂量率仪；

（6）监测质量保证：制定监测仪表使用、校验管理制度，并利用上级监测部门的监测数据与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；制定辐射环境监测管理制度。

3、年度监测要求

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令第 18 号）的相关规定，使用放射性同位素与射线装置的单位应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；年度监测委托有资质的第三方环境监测机构进行监测。

医院将严格执行辐射监测计划，定期委托有相关资质的第三方辐射监测机构对医院的辐射工作场所进行年度监测。年度监测数据将作为本单位辐射安全和防护状况年度评估报告的一部分，每年 1 月 31 日前提交给发证机关。

4、竣工环境保护验收监测

医院应根据核技术利用项目的开展情况，按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4 号）、《建设项目竣工环境保护验收技术规范核技术利用》

（HJ1326-2023）的相关要求，对配套建设的环境保护设施进行自主验收，自行或委托有能力的技术机构开展竣工验收监测，编制验收报告，并组织专家采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式开展验收工作，建设项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，其主体工程方可投入生产或者使用；未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或

者使用。

综上所述，本项目监测计划见下表 12-3。

表 12-3 项目监测计划一览表

项目	监测项目	监测频度	监测范围	监测设备	监测的位置要求
自主监测	X-γ 辐射空气吸收剂量率	每季度至少 1 次	在运行前对屏蔽墙外 30cm 处的 X-γ 辐射空气吸收剂量率进行一次监测；运行中，对屏蔽墙外 30cm 处的 X-γ 辐射空气吸收剂量率进行巡测，并选择部分关注点位（机房防护门及缝隙处、穿墙孔洞、控制室操作台、机房屏蔽墙外 30cm 处、楼上楼下区域等）开展 γ 辐射空气吸收剂量率（开关机时各测量一次）监测	X-γ 辐射监测仪	距墙体、门、窗表面 30cm；顶棚上方（楼上）距顶棚地面 100cm，机房地面下方（楼下）距楼下地面 170cm
委托监测	X-γ 辐射空气吸收剂量率	竣工环保验收监测	在运行前对屏蔽墙外 30cm 处的 X-γ 辐射空气吸收剂量率进行一次监测；运行中，对屏蔽墙外 30cm 处的 X-γ 辐射空气吸收剂量率进行巡测，并选择部分关注点位（机房防护门及缝隙处、穿墙孔洞、控制室操作台、机房内第一手术位、机房内第二术者位、机房屏蔽墙外 30cm 处、楼上楼下区域等）开展 γ 辐射空气吸收剂量率（开关机时各测量一次）监测	X-γ 辐射监测仪	距墙体、门、窗表面 30cm；顶棚上方（楼上）距顶棚地面 100cm，机房地面下方（楼下）距楼下地面 170cm
		年度监测，编制辐射防护年度评估报告（每年 1 次）			
	职业性外照射个人剂量	最长不应超过 3 个月送有资质的单位监测	本项目辐射工作人员	个人剂量计	左胸前或锁骨对应的领口位置

辐射事故应急

为了加强对各放射治疗、诊断设备的安全管理，保障公众健康，保护环境，医院制定了《云南省第一人民医院辐射事故应急预案》。

医院成立了辐射事故应急指挥部，下设办公室在环卫科，明确了成员及职责，应急预案规定了应急处理流程，包括预测与预警、应急信息处置及报告、应急响应、后期处置、应急物资与装备保障、预案管理等，内容较全，措施得当，便于操作，在应对辐射事故和突发性事件时基本可行。

在后期运营过程中，医院应根据实际情况及最新管理要求进行应急预案的修订和完善，使其更能结合实际开展工作，同时对云南省昆华国际医院（呼吸区域医疗中心 云南省第一人民医院东院）的辐射事故应急能力进行建设，包括定期开展应急演练，做好应急和救助的资金、物资准备，加强应急人员的组织培训等。

根据《云南省生态环境厅辐射事故应急响应预案（2022年修订版）》，本项目可能发生的辐射事故为一般辐射事故。一旦发生辐射事故，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要防范措施，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门报告和公安部门报告，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。

能力分析

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》使用射线装置的单位应具备的条件，对建设方建设本项目应具备的能力进行分析并提出完善措施。云南省第一人民医院辐射防护所采取的技术措施和管理措施进行对照分析见表12-4。

表 12-4 使用 II 类射线装置能力分析

序号	应具备的条件	规定要求	落实情况	报告要求
1	放射性诊疗项目的屏蔽设计	放射性诊疗项目机房建筑（包括辐射防护墙、门、窗）的防护厚度应充分考虑 X 射线直射、散射、漏射效应。	建设方按照设计单位的设计建设机房，并请有资质的单位进行防护门的设计、修建，能满足环评需要。	建设方应按计划认真做好相应的防护工作，做好日常监测。
2	安全联锁	射线装置使用场所防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	各射线装置机房门外拟设置工作状态指示灯、门灯联锁装置、电离辐射警示标志。	建设方要严格执行相关操作规程、检修、检验工作，定期维护，确保辐射安全。
3	紧急制动装置	在诊断、诊疗室内墙上应安装多个串联并有明显标识的“紧急止动”开关，该开关应与控制台上的“紧急止动”按钮联动。一旦按下按钮，放射性诊疗设备的高压电源被切断。	拟在每间射线装置控制室操作台上和机房内诊疗床操作面板上设置紧急停机按钮，该装置与设备连锁，使误留于室内人员可通过紧急止动按钮使照射终止。	运营时严格按照计划执行，定期维护，确保辐射安全。

4	警示标志	射线装置机房防护门外及与其他公共场所相连接处应设置固定的电离辐射警告标志和工作状态指示灯，控制区边界应设置明显可见的警告标识。	机房工作区域拟设置工作状态指示灯、门灯连锁装、电离辐射警示标志和两区划分等。	落实控制区、监督区的划分，设置警戒线和警示标志。
5	通风系统	放射性诊疗项目机房内应设置相应排风量的通风系统，使臭氧浓度低于国家标准要求。	射线装置机房采用通排风系统进行通排风，送风量 7800m ³ /h，排风量 900m ³ /h。	定期维护，满足通排风和防护屏蔽要求。
6	管理人员要求	使用 II 类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。	成立了放射防护与辐射安全管理委员会，负责有关正常工作条件的保障及解决放射实践中出现的各种防护问题。	确保有符合要求的辐射安全与环境保护工作管理人员开展这方面的工作。
7	操作人员要求	从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。	本项目设置 8 名辐射工作人员，其中 7 名已取得辐射安全与防护成绩报告单，剩余 1 人尚未参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习及考核。	辐射工作人员应参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习相关知识并参加考核，考核合格后方可上岗。
8	辐射安全许可证	必须取得环境保护行政主管部门颁发的辐射安全许可证。	本项目依托的主体工程为新建医院，目前尚未建成投运，尚未申领辐射安全许可证。	本项目审批完成后，申领《辐射安全许可证》。
9	设备维护	每个月对本项目诊疗设备的配件、机电设备和监测仪器，特别是安全连锁装置，进行检查、维护。	制定了《辐射设备维护、维修制度》，定期对本项目诊疗设备进行检查、及时维护更换部件。	医院应按计划认真做好相应的防护工作，完善相关制度和记录。
10	个人剂量管理	每名放射性仪器设备的操作人员应配备 1 个人剂量片。个人剂量片应编号并定人配戴，定期送交有资质的检测部门进行测量，并建立个人剂量档案。	本项目拟为辐射工作人员配备个人剂量计，并进行送检，建立个人剂量档案。	严格要求工作人员正确佩戴个人剂量计上岗，每个季度定期送检，并对检测结果及时分析，对检测结果存在超过个人剂量管理限值的情况及时上报查明原因，及

				时解决,个人剂量档案应终身保存。
11	档案记录	应建立设备运行、维修、辐射环境监测记录、个人剂量管理及维修记录制度,并存档备查。	建设方已建立辐射设备维护、维修制度、辐射监测方案、个人剂量监测制度,建立了设备运行、维修档案,拟对从事放射工作的工作人员建立个人剂量档案,并定期对其进行个人剂量监测。	医院应及时更新妥善保存相关档案。
12	辐射监测方案	应建立放射性诊疗项目的日常辐射监测方案。	医院已制定《辐射监测方案》。	项目运行后每年至少委托有资质的单位进行一次辐射环境监测,建立监测技术档案,监测数据定期上报生态环境主管部门备案。
13	辐射防护安全管理制度	有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、射线装置使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	目前医院已具备和制定的管理制度:《辐射事故应急预案》、《个人剂量监测制度》、《辐射监测方案》、《辐射安全防护设施维护与维修制度》、《辐射工作人员培训制度》、《辐射设备维护、维修制度》、《DSA室管理制度》、《DSA操作流程》、《监测仪表使用与校验管理制度》、《辐射工作人员岗位职责》、《射线装置台账管理制度》、《辐射安全管理规定》、《DSA简易操作流程》、《介入导管室应急处置预案》等制度。	医院应根据实际运行情况进一步完善各项规章制度,还,并落实专人负责。从事放射性诊疗的工作人员必须严格按照制定的规章制度和应急处理措施进行放射诊疗工作,所有制度应张贴上墙。
14	质量保证	使用放射性同位素和射线装置进行放射诊疗的医疗卫生机构,应当依据国务院卫生主管部门有关规定和国家标准,制定与本单位从事的诊疗项目相适应的质量保证方案。	医院需制定放射诊疗质量保证方案。	医院应遵守质量保证监测规范,按照医疗照射正当化和辐射防护最优化的原则,避免一切不必要的照射,并事先告知病人和受检者辐射对健康的潜在影响。

15	废物处理方案	应具有确保项目产生固体废物、废水、废气达标排放的处理能力或者可行的处理方案。	固体废弃物和废水依托医院主体工程处理设施处置，对项目运用过程中产生的废气采用通排风系统排出。	医疗废物和医疗废水应与普通固废和生活污水分开收集或处理。
16	辐射事故应急预案	有完善的辐射事故应急措施。	医院制定了《辐射事故应急预案》，应急预案规定了应急处理流程，包括预测与预警、应急信息处置及报告、应急响应、后期处置、应急物资与装备保障、预案管理等。	医院应做好应急和救助的资金、物资准备、加强应急人员的组织培训等，将事故发生的概率和事故危害控制到最低程度。

根据上表所述，中日友好医院云南医院按照本报告提出的要求进行落实后具备了《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》使用射线装置的单位申领许可证应具备的条件，具备了使用本次评价1台DSA（II类射线装置）的能力。

表 13 结论与建议

结论

1、项目概况

本项目拟在中日友好医院云南医院呼吸中心第一住院楼二层预留 DSA 机房内新增 1 台飞利浦 Azurion 7M20 型数字减影血管造影机（DSA），额定管电压为 125kV，额定管电流为 1000mA，属于 II 类射线装置。项目总投资 779.8 万元，其中环保投资 45.1 万元，占项目总投资的 5.8%。

2、产业政策符合性及规划符合性结论

根据国家发展和改革委员会制订的《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目属于第十三项“医药”中第 4 款“高端医疗器械创新发展：新型基因、蛋白和细胞诊断设备，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”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业发展政策。

本项目位于中日友好医院云南医院呼吸中心第一住院楼二楼，不涉及新增用地，用地性质为医院用地，项目用地属于昆明市总体规划的医院用地，且不涉及自然保护区、风景名胜区、生态保护红线，符合昆明市的建设发展规划及土地利用总体规划。

3、本项目选址及平面布置合理性分析

（1）选址合理性分析

本项目 DSA 复合手术室共有 1 间，位于呼吸中心第一住院楼（地上共九层，地下一层）二层呼吸手术及内镜中心南侧手术区域端头。所在位置均相对独立且人流较少，方便病人治疗和转移，降低了公众受到照射的可能性。本项目避开了流通人群相对较多的门诊区域，且也尽量避开进出人流通道，同时，医院周围无自然保护区、保护文物、风景名胜区、水源保护区等生态敏感点和环境敏感点，周围没有建设的制约因素，本项目所开展的核技术应用项目通过采取相应有效治理和屏蔽措施后对周围环境影响较小，因此选址是合理的。

（2）平面布置合理性分析

本项目机房医护通道、病人通道和污物通道单独设置，避免了不同人员交叉影响，便于治疗和管理。同时，机房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，平面布置合理。

4、项目代价利益分析

本项目的建设可以更好地满足病人多层次、多方位、高质量和文明便利的就诊需求，提高对疾病的诊治能力。核技术应用项目的开展，可达到一般非放射性诊治方法所不能及的诊断及治疗效果，对保障人民群众身体健康、拯救生命起了十分重要的作用，本项目开展所带来的利益是大于所付出的代价的，符合辐射防护“实践的正当性”原则。

5、辐射环境质量现状

经过对与本项目相关的医院辐射环境现状监测，本项目拟建 DSA 工作场所及周围 X-γ辐射剂量率范围为 $2.3 \times 10^{-8} \text{Gy/h} \sim 3.8 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ ；医院周围环境本底 X-γ辐射剂量率为 $2.2 \times 10^{-8} \text{Gy/h} \sim 2.4 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ 。本项目拟建 DSA 工作场所及周围各监测点位 X-γ辐射剂量率未见异常，处于当地天然辐射水平。

6、环境影响评价结论

（1）辐射防护措施有效性结论

本项目射线装置所在机房均采取了实体防护和专业辐射防护措施，防护效果满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求，设备自带有辐射防护设备，建设单位制定了有针对性的操作规程，医务人员工作时穿戴铅衣、铅帽、铅围脖等辐射防护用品，通过以上各项防护措施的综合使用，可有效的防止 X 射线产生的辐射影响，对公众和职业人员所致剂量低于本次评价的管理限值要求。

（2）辐射环境影响分析结论

根据理论预测结果表明，本项目运行后，职业人员年有效剂量最大为 2.016mSv/a ，低于职业年有效剂量管理限值 5mSv/a ；周围公众年有效剂量最大为 $5.30 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ ，低于公众年有效剂量管理限值 0.25mSv/a 。经机房实体屏蔽防护后，本项目投入使用后对评价范围（50m）内环境保护目标环境影响较小。

（3）水环境影响分析结论

①施工期：本项目施工期间，施工人员日常生活会排放一定量的生活污水，经沉淀处理后回用于施工现场，不外排，对周围水环境影响较小。

②运营期：本项目射线装置采用数字成像，无废显、定影液产生，无需相关治理措施。医护人员产生的生活污水依托医院污水处理设施处置。介入手术及清洗器械产生的医疗废水依托医院的污水处理站进行处理。因此，本项目不会对区域水环境产生明显影响。

（4）大气环境影响分析结论

①施工期：本项目施工期产生废气的作业主要为施工时产生的扬尘及装修废气等，施工中采取湿法作业、加强通风，保持场所清洁、湿润等防治措施，对周围大气环境影响较小。

②运营期：本项目运营期射线装置工作时臭氧产生量较小，经通排风系统的排风管道排至室外，常温下臭氧自行分解为氧气，废气再经自然稀释扩散后对环境影响很小。

（5）声环境影响分析结论

①施工期：施工单位通过选取低噪声的施工机械，加强施工管理，合理的安排施工时间等措施后，施工期间施工噪声对周围声环境可接受。

②运营期：本项目运营期主要的噪声源强为通排风系统，噪声经距离衰减、墙体阻隔等降噪措施后，项目对周围声环境影响可接受。

（6）固体废物影响分析结论

（1）施工期：本项目施工期间固体废物主要为生活垃圾、建筑垃圾。施工人员生活垃圾集中堆放，并委托当地环卫部门定期清运；建筑垃圾首先对其中可回收利用部分进行回收再外运至当地指定的建筑垃圾堆放场。采取以上措施后对周围环境影响可接受。

（2）运营期：本项目射线装置采用数字成像，不打印胶片，会根据病人的需要刻录光盘，光盘由病人带走并自行处理。介入手术过程中产生的医疗废物暂存于医疗废物箱，依托医院医疗废物管理制度统一处置。医护人员产生的生活垃圾经医院垃圾桶收集后定期清运。因此，本项目不会对周围产生明显影响。

7、事故情况下辐射环境影响评价结论

根据事故情况估算结果，本项目射线装置事故情况下可能产生的后果按《云南省生态环境厅辐射事故应急响应预案（2022年修订版）》中规定判断，属于一般辐射事故。

医院按评价要求制定完善各操作规程和制度后，在发生辐射事故情况下，启动应急预案并采取防护措施，可以有效控制辐射事故对环境的影响。

8、核技术应用医疗设备使用与安全管理的能力结论

建设单位拥有专业的辐射工作医务人员和辐射安全管理机构，有符合国家环境保护标准、职业卫生标准和安全防护要求的场所、设施和设备；建立了较完善的辐射安全管理制度、辐射事故应急措施；具有使用本项目评价的 1 台 DSA（II 类射线装置）的综合能力。

9、项目建设的环保可行性总结论

本项目符合国家产业政策，本项目开展所带来的利益是大于所付出的代价的，符合辐射防护“实践的正当性”原则；正常工况下，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及云南省生态环境厅对职业人员及公众照射的要求，建设单位在落实本报告提出的措施后具备对本项目评价的 1 台 DSA（II 类射线装置）的使用和管理能力。只要严格落实本报告提出的环境保护措施，本项目的运营从辐射安全和环境保护的角度是可行的。

建议和承诺

1、承诺

- (1) 项目应按照国家相关法律法规要求进行验收。
- (2) 在实施诊治之前，应事先告知病人或被检查者辐射对健康的潜在影响。
- (3) 医院应合理分配医生的手术量，尽量做到平均分配，以防因手术量过多造成个人剂量超过管理限值要求。
- (4) 定期开展场所和环境的辐射监测，据此对所用的射线装置的安全和防护状况进行年度评估，编写辐射安全和防护状况年度自查评估报告，并于每年 1 月 31 日前上报生态环境主管部门。
- (5) 一旦发生辐射安全事故，立即按医院应急处理预案进行处置，并及时逐级上报生态主管部门。
- (6) 对新增辐射工作人员及培训合格期满人员安排参加生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习相关知识并参加考核，考核合格后方可上岗，为所有辐射工作人员配备个人计量计，并督促其正确佩戴，定期送检，检测超标人员进行换岗。

2、建议

- (1) 医院每年要将辐射环境保护经费开支列入年度预算中，使辐射环境保护工作有

充足的经费保障，才能切实将辐射环境保护工作落到实处。

(2) 不断提高工作人员素质，增强辐射防护意识，尽量避免发生意外事故。

(3) 定期进行辐射事故应急演练，检验应急预案的可行性、可靠性、可操作性，不断完善辐射事故应急预案。

(4) 根据国家及地方最新出台的法律法规，对医院相关制度进行更新完善。

项目竣工验收

建设项目竣工后，建设单位应根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4号）对配套建设的环境保护设施进行验收，建设单位不具备验收监测报告能力的，可委托有能力的技术机构编制验收报告，并组织由设计单位、施工单位、环评单位、验收监测（调查）报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等成立的验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式开展验收工作。建设项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，其主体工程方可投入生产或者使用；未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。

建设单位应公开上述相关信息，向所在地县级以上环境保护主管部门报送相关信息，并接受监督检查，确保建设项目需要配套建设的环境保护设施与主体工程同时投产或者使用。

验收报告公示期满后5个工作日内，建设单位应当登录全国建设项目竣工环境保护验收信息平台，填报建设项目基本信息、环境保护设施验收情况等相关信息。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见：	
经办人	单位盖章 年 月 日
审批意见：	
签发人	单位盖章 年 月 日