

核技术利用建设项目
绵阳市中心医院新增数字减影血管造影装
置项目
环境影响报告表
(公示本)

绵阳市中心医院
二〇二五年十二月
生态环境部监制

核技术利用建设项目
绵阳市中心医院新增数字减影血管造影装
置项目
环境影响报告表

建设单位：绵阳市中心医院

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：四川省绵阳市涪城区常家巷 12 号

邮政编码：621000

联系人：

电子邮件

联系电话

目 录

表 1 项目基本情况	-1-
表 2 放射源	-19-
表 3 非密封放射性物质	-19-
表 4 射线装置	-19-
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	-21-
表 6 评价依据	-22-
表 7 保护目标与评价标准	-24-
表 8 环境质量和辐射现状	-27-
表 9 项目工程分析与源项	-34-
表 10 辐射安全与防护	-43-
表 11 环境影响分析	-55-
表 12 辐射安全管理	-80-
表 13 结论与建议	-87-

附图:

- 附图 1 地理位置图;
- 附图 2 外环境关系及评价范围内环境保护目标图;
- 附图 3 复合手术室平面布置图
- 附图 4 复合手术室人流、物流图;
- 附图 5 复合手术室两区划分示意图;
- 附图 6 复合手术室所在第一住院大楼—1 层平面布局图;
- 附图 7 复合手术室正上方一楼平面布局图;
- 附图 8 复合手术室屏蔽结构及剖面图;
- 附图 9 复合手术室辐射安全与防护措施布设图;
- 附图 10 复合手术室通排风管道图

附件:

- 附件 1 环评委托书;
- 附件 2 辐射安全许可证;
- 附件 3 事业单位法人证书;
- 附件4 绵阳市中心医院不动产权证
- 附件5 《关于对绵阳市中心医院改扩建及市急救中心建设项目环境影响报告书的批复》川环建函[2007]187号;
- 附件 6 现有场所辐射监测情况说明;
- 附件 7 个人剂量检测说明;
- 附件 8 辐射工作人员培训考核情况;
- 附件 9 无辐射事故发生情况说明;
- 附件 10 关于调整辐射安全管理委员会的通知;
- 附件 11 绵阳市中心医院医废处置协议
- 附件 12 现状监测报告;
- 附件 13 确认文件;

表1 项目基本情况

建设项目名称	绵阳市中心医院新增数字减影血管造影装置项目				
建设单位	绵阳市中心医院				
法人代表	[REDACTED]	联系人	[REDACTED]	联系电话	[REDACTED]
注册地址	四川省绵阳市涪城区常家巷 12 号				
项目建设地点	四川省绵阳市涪城区常家巷 12 号绵阳市中心医院第一住院大楼-1 层复合手术室				
立项审批部门	—		批准文号	—	
建设项目总投资（万元）	1000	项目环保投资（万元）	23.6	投资比例	2.36%
项目性质	<input type="checkbox"/> 新建 <input checked="" type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它		占地面积 m ²	382.6m 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"/> 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			
其他	无				

一、项目概述

（一）医院概况及项目由来

绵阳市中心医院始建于1939年，前身为绵阳公路卫生站，先后历经四川省立绵阳医院、绵阳专区医院、四川省绵阳地区第一人民医院等名称嬗变，1985年正式更名为绵阳市中心医院。1998年建成三级甲等综合医院，2012年获批川西北区域医疗中心，2020年成为电子科技大学医学院附属绵阳医院，2021年获批组建全国地市级唯一国家卫健委重点实验室——核技术医学转化重点实验室、绵阳市呼吸病学临床医学研究中心。2022年获批组建绵阳市首个医疗类重点实验室——麻醉与神经调控重点实验室。2023年获批川西北区域首个省临床医学研究中心——放射

与治疗临床医学研究中心,成为四川省最佳文明单位、涪江实验室副理事长单位。在2022年全国三级公立医院绩效考核中,我院跨级提升至全国三级公立医院前10%,位列A+行列、全国第116位,四川省第4位;在2022年四川省三级公立医院绩效考核中位列四川省第3位。先后荣获“全国卫生系统先进集体”,全国“五一”劳动奖状、“全国无偿献血促进奖”“全国医保先进单位”;荣获中共四川省委表彰的“四川省优秀党组织”“省级文明单位”“四川省卫生计生系统先进集体”、四川省“五一”劳动奖状;荣获市委、市政府颁发的“建设中国科技城和西部现代化强市先进集体”等多项荣誉。

医院学科综合实力强劲,占地面积115亩,建筑面积21.2万平方米,开放床位2200张,年门诊(急)诊服务233.6余万人次、年住院服务10.4万余人次、年手术量4.4万余台次、平均住院日7.1天; CMI1.21,微创手术占比24.9%、四级手术占比23.6%、日间手术占比54.29%。有47个临床专业,其中省级重点学(专)科22个,消化内科立项国家临床重点专科,妇产科、麻醉科、重症医学科、泌尿外科、急诊科立项省临床重点专科,普通外科、重症医学科、心血管内科、骨科、儿科、医学影像科立项绵阳市临床重点专科,获批川北片区首个四川省重症医学区域医疗中心。绵阳市急救中心、癌症防治中心等12个市级诊疗中心、34个市级质控中心设在我院。在最新公布的四川省三级医院医疗服务能力和质量排位中,消化内科、眼科、耳鼻咽喉科、泌尿外科、普通外科等5个学科位列全省第2位,儿科、妇产科位列全省第3位,肾病内科、神经外科、神经内科、心胸外科等11个专业进入全省前五,专业入围数量及排名均位列全省市级医院首位。医院坚持引育用一体化推进,多维度优化人才结构,是四川省人才服务基地、天府高端引智平台,现有在岗职工3300余人,其中高级职称560余人、硕博士650余人,国务院“有突出贡献专家”8人,省、市级“科技拔尖人才”及高科技人才140余人。

医院在用射线装置 41 台,其中 34 台Ⅲ类射线装置,7 台Ⅱ类射线装置。绵阳市中心医院现持有四川省生态环境厅颁发的《辐射安全许可证》(证书编号川环辐证(00309),发证日期:2025年11月17日,有效期至2027年2月7日),许可种类和范围为:使用V类放射源;使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置;生产、使用非密封放射性物质,乙级非密封放射性物质工作场所。

医院为了增强医院医疗设备条件,提高心血管、神经等各种疾病的介入治疗

水平，医院对第一住院大楼—1层普通药品库、消防用房进行改建，改建为一间复合手术室及其配套用房，并在复合手术室内设置1台数字减影血管造影装置（DSA），主要用于介入手术、血管造影。此次项目所在区域西侧和西北侧墙体依托原有，东北侧、东侧、南侧基础墙体未建，本项目主体工程包含在《绵阳市中心医院改扩建及市急救中心建设项目环境影响报告书》内，该项目已取得环评批复（川环建函[2007]187号）。本项目位于在第一住院大楼—1层复合手术室，复合手术室后期施工涉及基础墙体建设、防护施工、装修等。根据《关于发布《射线装置分类》的公告》，数字减影血管造影装置（DSA）属于II类射线装置。

（二）编制目的

按照《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第449号）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（国家环保部令第18号）的规定和要求，本项目需进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021年版）》（生态环境部令第16号，2021年1月1日起施行），本项目属于“第五十五项—172条核技术利用建设项目—使用II类射线装置”，本项目应编制环境影响报告表。根据关于印发《四川省生态环境厅审批环境影响评价文件的建设项目目录（2025年本）》（川环规〔2025〕1号），本项目应报绵阳市生态环境局审查批准。因此，绵阳市中心医院委托四川鸿环环保科技有限公司编制本项目的环境影响报告表（委托书见附件1）。

四川鸿环环保科技有限公司接受本项目编制工作的委托后，在进行现场踏勘、实地调查了解项目所在地周围环境和充分研读相关法律法规、规章制度、技术资料后，在项目区域环境质量现状评价的基础上，对项目的环境影响进行了预测，并按相应标准进行评价。同时，从项目可能对环境造成的影响、项目单位从事相应辐射活动的能力、拟采取的辐射安全和防护措施及相关管理制度等进行了评价分析，在此基础上提出合理可行的对策和建议。

在本项目环境影响报告表编制完成后，建设单位在平台上对报告表进行了全文公示。公示网址为：

公示网站截图如下：

公示后，未收到单位和个人有关项目情况的反馈意见。

（三）本项目建设内容及规模

本次评价内容及规模为：医院拟将第一住院大楼-1层普通药品库、消防用房，改建为复合手术室及其他配套用房，面积约382.6m²。项目所在第一住院楼（已建，19F/-1F），医院拟新购1台DSA（型号：飞利浦Azurion7 M20）在复合手术室使用。复合手术室内拟使用DSA最大管电压为125kV、最大管电流为1000mA，属于II类射线装置，DSA年曝光时间累计约149.03h（透视146.67h，拍片2.36h），出束方向由下向上，主要用于介入检查、血管造影等。

改建方案：将原有消防用房、普通药品库改建为复合手术室、控制室、设备间、净化直彭式机房、缓冲通道、库房、一体化真空机；将原有消防用房改建为医废暂存间、污物通道、库房、EPS配电机房、护士站、家属等候区；将普通药品库（130m²）改建为新风机组和消防泵房。复合手术室利用楼层原有楼板（200mm混凝土），新增32mm厚硫酸钡板；西侧、西北侧墙体依托原有墙体（400mm混凝土），东北侧、东侧、南侧墙体均新建，屏蔽结构为370mm厚实心砖+30mm厚硫酸钡水泥砂浆。

改建前房间布局如下：

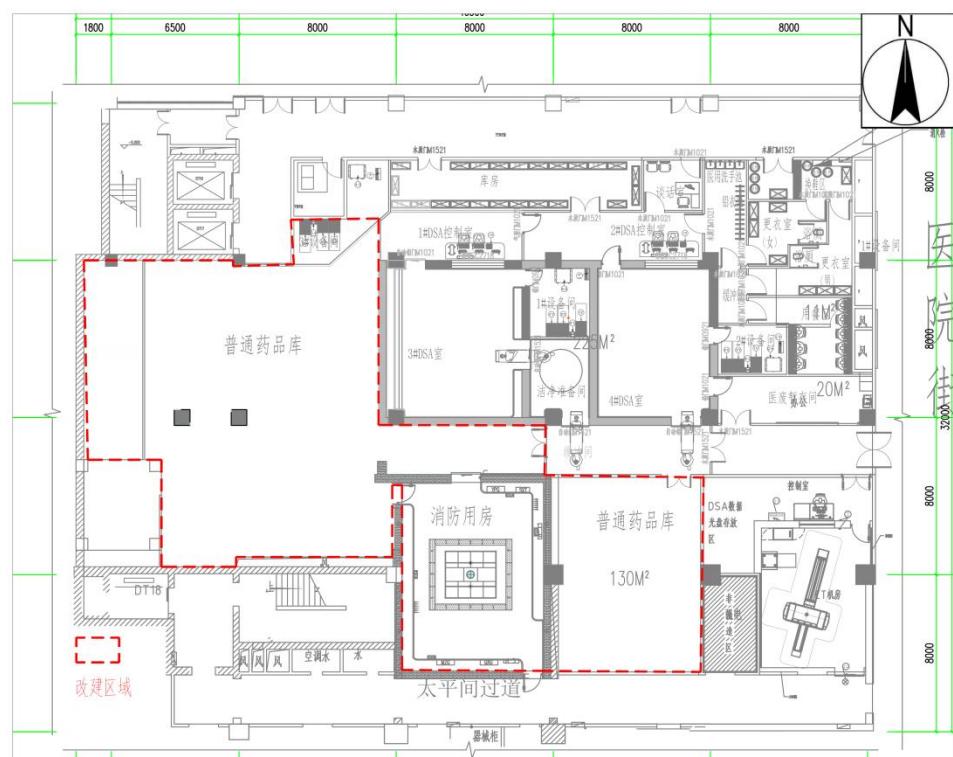


图1-2 改建前房间布局图

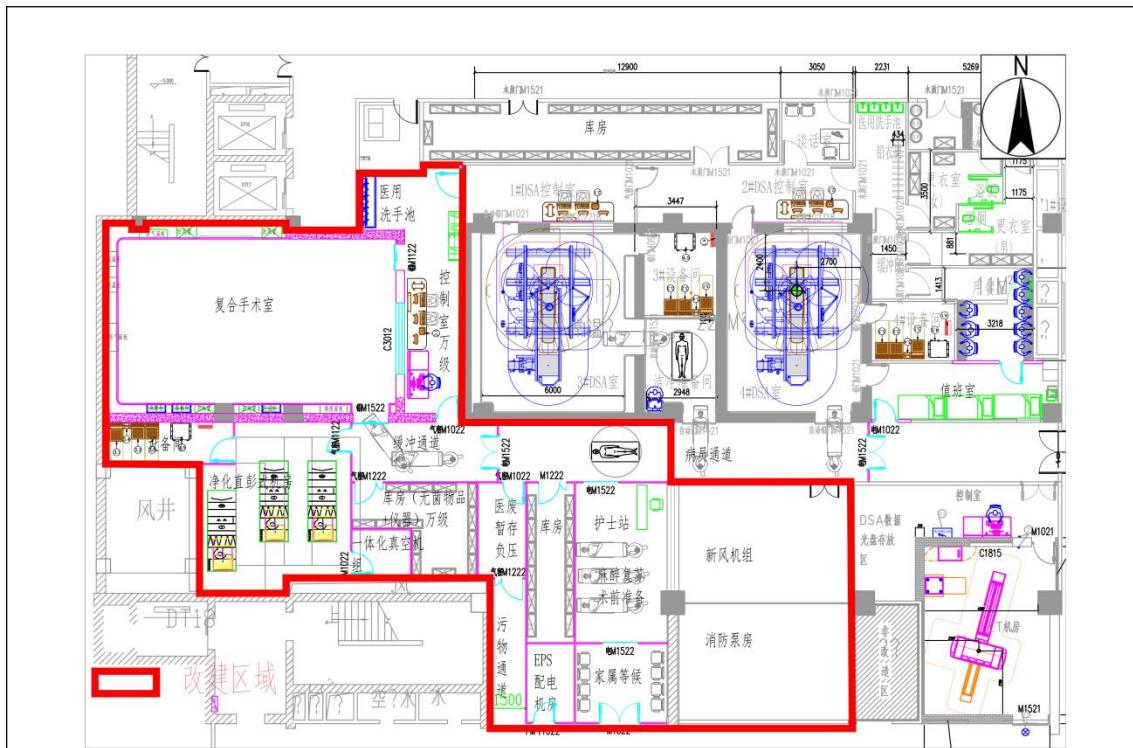


图1-3 改建后房间布局图

复合手术室有效尺寸为（长11.71m）×（宽6.93m）×（高3.0m），有效面积为81.15m²。复合手术室西侧、西北侧墙体依托原有墙体（400mm混凝土），东北侧、东侧、南侧墙体均新建，屏蔽结构为370mm厚实心砖+30mm厚硫酸钡水泥砂浆；屋顶为200mm厚现浇混凝土楼板+32mm厚硫酸钡板（新增）；防护门（2扇，病人进出门、医疗进出门）均为3mmPb，和观察窗（1扇，铅防护窗）为3mmPb。

医疗进出门、机房病人进出门均为防护自动感应推拉门，医疗进出门尺寸为1.1m（宽）×2.2m（高）；机房病人进出门尺寸为1.5m（宽）×2.2m（高）。手术室的电缆线穿孔和通排风口等应采用3mm铅橡胶套进行包管，避免漏射产生；另外，为防止辐射泄漏，平开防护门门扇底部采用防护铅胶条处理，密封地面缝隙，机房大移门与墙的重叠宽度应至少为空隙的10倍，门的底部与地面之间的重叠宽度至少为空隙的10倍。

表1-1 项目尺寸与屏蔽一览表

名称		原区域	改建后复合手术室
有效尺寸	长	/	11.71m
	宽	/	6.93m
	高	/	3.0m
屏蔽	西北侧墙体	400mm厚	400mm厚混凝土（利旧）

设计		混凝土	
	东北侧墙体	/	新建370mm实心砖+30mm厚防辐射硫酸钡水泥砂浆
	东侧墙体	/	新建370mm实心砖+30mm厚防辐射硫酸钡水泥砂浆
	南侧墙体	/	新建370mm实心砖+30mm厚防辐射硫酸钡水泥砂浆
	西侧墙体	400mm厚 混凝土	400mm厚混凝土（利旧）
	顶部	200mm厚 混凝土	200mm混凝土（利旧），新增32mm厚硫酸钡板
	防护门	/	新增3mmPb防护自动感应推拉门（医护进出门、病人进出门）
	防护窗	/	新增3mm铅防护窗

表1-2 建设项目组成及主要的环境问题

名称	建设内容及规模	可能产生的环境问题		备注
		施工期	运营期	
主体工程	复合手术室有效尺寸为 11.71m（长）×6.93m（宽）×3.0m（高），有效面积 81.15m ² 。复合手术室西侧、西北侧墙体依托原有墙体（400mm 混凝土），东北侧、东侧、南侧墙体均新建，屏蔽结构为 370mm 厚实心砖+30mm 厚硫酸钡水泥砂浆；屋顶为 200mm 厚现浇混凝土楼板+32mm 厚硫酸钡板（新增）；防护门（2 扇，病人进出门、医护进出门）均为 3mmPb，和观察窗（1 扇，铅防护窗）为 3mmPb。	噪声、医疗废物	噪声、医疗废物	东北侧、东侧、南侧墙体均新建，屏蔽结构为 370mm 厚实心砖+30mm 厚硫酸钡水泥砂浆；屋顶新增 32mm 厚硫酸钡板
	新建一台 DSA（型号：飞利浦 Azurion7 M20）在复合手术室内使用。DSA 最大管电压为 125kV、最大管电流为 1000mA，属于II类射线装置，DSA 年曝光时间累计约 149.03h（透视 146.67h，拍片 2.36h），出束方向由下向上，主要用于介入检查、血管造影等。		X 射线、臭氧、氮氧化物	
辅助用房	医用洗手池、控制室、设备间、净化直影式机房、缓冲通道、库房一体化真空机组、医废暂存、污物通道、EPS 配电机房、新风机组、消防泵房	生活垃圾、生活污水	新建	
办公设施及生活设施	护士站、家属等候区		新建	
公用工程	市政水网、市政电网、配电系统	—	—	依托

环保工程	废水： 医院建设有一座处理规模为1200m ³ /d，处理工艺为“氧化法+末端消毒法（二氧化氯）”为主的污水处理站。医疗废水及生活污水依托污水管道和污水处理站进行处理后排入市政管网。	—		
	固体废物： ①施工期：产生的固体废物包括包装材料等垃圾，施工垃圾统一收集处理；施工人员产生的生活垃圾应统一收集后送城市环卫部门处理。②运营期：产生的医疗废物经分类打包后暂存于医废暂存间，后转至医疗废物暂存间，交由资质单位处理；办公、生活垃圾依托医院收集系统收集，由市政环卫部门统一清运。	—	废水、固体废物、废气	依托
	废气： 项目产生的臭氧和氮氧化物通过复合手术室内风管经净化直彭式机房后部分与新风一起进入复合手术室，部分经风井到门诊楼5楼楼顶距地20m排放，排风风量为300m ³ /h。	—	噪声	新建

（四）本项目主要原辅料及能耗情况

本项目主要原辅料及能耗情况见表1-2。

表1-2 主要原辅材料及能耗情况表

名称	年耗量	来源	主要成分	用途
造影剂	140L	外购	碘海醇	介入手术
电 (kW·h)	1900度	市政电网	—	—
地表水	360m ³	市政水网	—	—

本项目拟使用造影剂为碘海醇注射液，为新型的含三碘低渗非离子型造影剂，具有含碘量高、粘稠度低、渗透压小、理化性质稳定和容易排泄等特点，血管内注射后，能使途经的血管显像清楚直至稀释后为止。规格为100mL/瓶，每台手术用量2瓶，每年约700台手术，年使用量约为140L。由医院统一采购，常温储存，使用后的废包装物按医疗废物处置。

（五）本项目主要设备参数

本项目使用的 DSA 位于医院第一住院大楼-1层，在实际运营过程中，本项目 DSA 主要由心血管内科、神经内科、神经外科、骨科手术医生实施介入手术和拍片检查，年最大手术为 700 台，DSA 年曝光时间约为 149.03h（透视 141.67h，拍片 2.36h），曝光方向由下而上。主要用于介入检查、血管造影等。

本项目设备参数及技术参数表见表 1-3。

表 1-3 本项目射线装置情况清单表

设备名称	型号	数量	最大管电压	最大管电流	使用场所
数字减影血管造影机	飞利浦 Azurion7 M20	1 台	125kV	1000mA	复合手术室

单台设备使用情况



(六) 工作人员配置情况

劳动定员：本项目共涉及辐射工作人员 16 名，均为医院原有辐射工作人员，且从事原有辐射安全工作，其中 5 名主刀医生（分为 5 组），5 名助手医生（分为 5 组），5 名护士（分为 5 组），1 名技师（分为 1 组）。

手术时复合手术室内 1 名主刀医生、1 名助手医生、1 名护士，控制室内 1 名技师。技师负责在操作室操作 DSA，护士负责介入手术前准备工作、手术后清洁工作及术中配合跟台手术（根据各手术情况需要），科室医生负责操作 DSA 介入手术。项目投运后，医院可根据开展项目的实际情况做适当调整。

工作制度：本项目辐射工作人员每年工作 300 天，实行 8 小时工作制。

表 1-4 本项目人员分组情况

科室	拟配置人数				备注
	主刀医生（人）	助手医生（人）	护士（人）	技师（人）	
心血管内科	2	2	2	1	每台手术配备 1 名主刀医生、1 名助手医生、1 名护士和 1 名技师
神经内科	1	1	1		
神经外科	1	1	1		
骨科	1	1	1		
合计	5	5	5	1	/

(七) 依托环保设施情况

1、废水：①施工期：施工期废水经沉淀后循环使用；施工人员生活污水依托医院现有污水处理站处理后，再进入市政污水管网。②运营期：项目建成投运后，医疗废水及生活污水依托污水管道和污水处理站进行处理后排入市政管网。

医院设置1个处理规模为1200m³/d，处理工艺为氧化法+末端消毒法(二氧化氯)为主的污水处理站，本项目废水产生量为0.288m³/d (86.4m³/a)，目前污水处理站剩余污水处理能力为400m³/d，大于本项目医疗废水及生活污水产生量，因此本项目可依托院区废水处理工程。

2、固体废物：①施工期：产生的固体废物包括包装材料等垃圾，施工垃圾统一收集处理；施工人员产生的生活垃圾应统一收集后送城市环卫部门处理；施工期间无医疗废物产生。②运营期：产生的医疗废物经分类打包后暂存于污物间，后转至医疗废物暂存间，定期交由资质单位处理；办公、生活垃圾经袋装收集后直接交由市政环卫部门统一清运。

医院设置医疗废物暂存间用于医疗废弃物暂存，本项目每台手术产生医废约为2kg，每年700台手术约产生1.4t，医废产生量较小，医疗废物日产日清，可满足暂存要求。

二、本项目产业政策符合性分析

本项目使用数字减影血管造影装置（DSA）为医院医疗基础建设内容，根据《产业结构调整指导目录（2024年本）》，本项目属指导目录中第三十七项“卫生健康”中第1款“医疗卫生服务设施建设”属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

三、本项目规划符合性分析

（一）项目用地规划符合性分析

本项目所在医院位于四川省绵阳市涪城区常家巷12号，本项目所在绵阳市中心医院已取得不动产权证书（绵城国用（2014）第28383号），见附件，用地性质为医疗卫生用地。因此项目用地符合绵阳市用地布局规划。

四、本项目选址、外环境关系及总平面布局合理性分析

（一）项目外环境关系

本项目所在医院位于四川省绵阳市涪城区常家巷12号，根据现场勘察，项目

所在医院的北侧隔警钟街为商业区；东侧隔常家巷为马家巷11号院和马家巷18号院；西侧隔西大街为仙龙潭假日酒店，隔卫生巷为四川中医药高等专科学校家属院、卫生巷4号，紧邻四川中医药高等专科学校、绵阳市实验小学（涪城路校区）；南侧为涪卫街8号院、三汇绿湾春新区和鑫宏丰泽苑。

本项目位于医院第一住院大楼（19F/-1F，已建成）-1层，复合手术室上方为库房、污物暂存间、走道、抢救室、感染诊断间，北侧紧邻电梯、楼梯，南侧紧邻净化直彭式机房、设备间；东侧紧邻控制室。本项目复合手术室实体屏蔽体50m范围之内主要为医院第一住院大楼区域，医院内部道路及外部西大街、卫生巷、仙龙潭假日酒店和四川中医药高等专科学校家属院，复合手术室北侧紧邻电梯间0~24m在第一住院大楼内部，24~36m为医院内部道路，36~44m为医院外部西大街，44~50m为仙龙潭假日酒店；西北侧0~30m为医院内部区域，30~38m为医院外部西大街，38~50m为仙龙潭假日酒店；西侧0~29m为医院内部区域，29~35m为医院外部卫生巷，35~50m为四川中医药高等专科学校家属院；南侧紧邻净化直彭式机房、设备间0~26m在第一住院大楼内部，26~50m为医院内部绿化带及道路；东侧紧邻控制室，0~50m均在第一住院大楼内部。

（二）选址合理性分析

本项目所在医院用地为医疗卫生用地。本项目仅为医院配套建设项目，不新增用地，且复合手术室为专门的辐射工作场所，建成后有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对周围环境影响较小。

项目辐射工作场所50m范围内主要涉及医院内部区域及外部西大街、卫生巷、仙龙潭假日酒店和四川中医药高等专科学校家属院，不存在自然保护区、风景名胜区、文物保护单位、饮用水水源保护区等特殊敏感保护目标，周围无环境制约因素。本项目机房及配套房间占地范围位于院区红线内，不涉及新增占地，拟建设的辐射工作场所按照相关规范要求建有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对周围环境影响较小。因此，从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。

（三）实践正当性

DSA宏观的发展趋势是向专用化转变，即单向C型臂系统用于全身的血管造影与介入放射学，双向C型臂系统则用于心脏和大血管检查。旋转DSA成像

设备已应用于临床，能使 X 线管作旋转运动或多轨迹运动，可实现三维血管造影的减影影像显示，改善了以往使用常规步进式 DSA 的不足。有效地提高 DSA 图像的空间分辨率，进一步增强系统的检查效率，提高图像的定量分析能力，是 DSA 系统的主要发展趋势，也是医学影像诊断与治疗的关键所在。但是，由于在 DSA 使用过程中射线装置的应用可能会造成如下放射性环节问题：

- (1) 对周围环境和辐射工作人员造成一定影响；
- (2) 射线装置的使用及管理的失误可能会造成辐射安全事故。

医院在进行 DSA 使用过程中，对射线装置的使用严格按照国家相关辐射防护要求采取相应防护措施，建立射线装置的安全管理规章制度。因此在正确使用和管理射线装置情况下，可以将该项辐射产生的影响降低。

本项目 DSA 设备用于医学诊断和治疗，可提高医院的放射治疗水平，具有良好的社会效益和经济效益，且 DSA 设备运行过程中带来的辐射环境影响可以满足国家有关标准要求，因此本项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 辐射防护“实践正当性”的要求。

五、原有核技术利用情况

医院此前开展过核技术利用项目，申领过辐射安全许可证。

(一) 医院原有项目许可证情况

1、辐射安全许可证情况

医院持有四川省生态环境厅核发的《辐射安全许可证》(川环辐证[00309])，许可的种类和范围为：使用Ⅴ类放射源；使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置；生产、使用非密封放射性物质，乙级非密封性放射性物质工作场所；发证日期：2025年11月17日，有效期至2027年2月7日。

表 1-5 医院已获许可使用的医用射线装置

序号	设备名称	规格型号	类别	数量(台)	使用场所	备注
1	单光子发射计算机断层成像及计算机扫描系统	Sym bia T6	III	1	第二综合住院大楼 1 楼(核医学科)：ECT 机房	已上证，在用
2	正电子发射断层及 X 射线计算机体层摄影成像系统 (PET/CT)	Discovery MI	III	1	第二综合住院大楼 1 楼核医学科(分子影像中心核素诊断工作场所)	已上证，在用

3	回旋加速器玖源-11MTS	玖源-11MTS	II	1	第二综合住院大楼1楼核医学科(分子影像中心回旋加速器机房)	已上证,在用
4	X射线计算机体层摄影设备CT	SOMATO M Force	III	1	第一综合住院大楼-1楼(放射科): CT4室	已上证,在用
5	X射线计算机体层摄影设备CT(CT8)	uCT960+	III		第一综合住院大楼-1: CT8室	已上证,在用
6	医用血管造影X射线系统	Azurion 7 M12	II	1	第一综合住院大楼-1楼(放射科): DSA3室	已上证,在用
7	血管造影X射线系统	Azurion 7 M12	II	1	第一综合住院大楼-1楼(放射科): DSA4室	已上证,在用
8	CT机	Discovery CT750 HD	III	1	第一综合住院大楼-1楼(放射科): CT2室	已上证,在用
9	X射线计算机体层摄影设备SOMATOM Confidence	SOMATO M Confidence	III	1	第一综合住院大楼-1楼(放射科): CT3室	已上证,在用
10	超高剂量率电子射线放射治疗系统(e-Flash)	e-Flash	II	1	第一综合住院大楼-1放疗中心: e-Flash治疗室	已上证,在用
11	医用电子直线加速器	Infinity	II	1	第一综合住院大楼-1楼(放疗中心): 直线加速器治疗1室	已上证,在用
12	X射线计算机体层摄影系统	ANATOM 64 Precision	III	1	第一综合住院大楼1楼(放射科): CT1室	已上证,在用
13	数字化医用X射线摄影系统	uDR 770i	III	1	第一综合住院大楼1楼(放射科): DR二室	已上证,在用
14	数字化摄影X射线机	DigitalDi agnost C50	III	1	第一综合住院大楼1楼(放射科): DR三室	已上证,在用
15	数字化医用X射线摄影系统	uDR 780i	III	1	第一综合住院大楼1楼(放射科): DR四室	已上证,在用
16	数字化摄影X射线机	DigitalDi agnost C50	III	1	第一综合住院大楼1楼(放射科): DR一室	已上证,在用

17	血管造影 X 射线系统	Azurion 7 M20	II	1	第一综合住院大楼 1 楼 (放射科) : DSA1 室	已上证, 在用
18	医用血管造影 X 射线系统	Azurion 7 M20	II	1	第一综合住院大楼 1 楼 (放射科) : DSA2 室	已上证, 在用
19	骨密度检测仪 Prodigy	Prodigy	III	1	第一综合住院大楼 1 楼 (放射科) : 骨密度室 (放射科)	已上证, 在用
20	口腔颌面锥形束计算机体层摄影设备 Planmeca ProMax 3D Mid	Planmeca ProMax 3D Mid	III	1	第一综合住院大楼 1 楼 (放射科) : 口腔颌面 CT 室	已上证, 在用
21	乳腺机	Selenia Dimension s	III	1	第一综合住院大楼 1 楼 (放射科) : 放射科乳腺室	已上证, 在用
22	医用诊断 X 射线机	DRF-1	III	1	第一综合住院大楼 1 楼 (放射科) : 胃肠室	已上证, 在用
23	口腔颌面锥形束计算机体层摄影设备 (口腔科 CBCT)	Planmeca Viso G5	III	1	第一综合住院大楼 2 楼口腔科: CBCT 室	已上证, 在用
24	口内 X 射线机	FOCUS	III	1	第一综合住院大楼 2 楼 (口腔科) : 口腔 X 光室	已上证, 在用
25	移动式 C 形臂 X 射线机	Brivo OEC 850	III	1	第一综合住院大楼 4 楼手术室 10 间	已上证, 在用
26	移动式 C 形臂 X 射线机	Ziehm Vision R	III	1	第一综合住院大楼 4 楼 (手术室) : 手术室 1 间	已上证, 在用
27	移动式 C 形臂 X 射线机	Ziehm 8000	III	1	第一综合住院大楼 4 楼 (手术室) : 手术室 2 间	已上证, 在用
28	移动式 C 形臂 X 射线机	OEC One CFD	III	1	第一综合住院大楼 4 楼 (手术室) : 手术室 9 间	已上证, 在用
29	小动物 PET/CT 成像系统	SNPC-303	III	1	放射性药物研究中心: 小动物 PET/CT 室	已上证, 在用
30	小动物 SPECT/CT 成像系统	MSSC102	III	1	放射性药物研究中心: 小动物 SPECT/CT 室	已上证, 在用

31	医用 X 射线计算机断层扫描 CT 装置	BrightSpeed Elite Select	III	1	感染大楼 1 楼: CT 室	已上证, 在用
32	X 射线计算机体层摄影装置 (CT9)	uCT 760	III	1	健康管理中心: CT9 室	已上证, 在用
33	CT 机	ANATOM 64 Clarity	III	1	健康管理中心 1 楼: CT 室	已上证, 在用
34	数字式骨密度骨龄测定仪	SGY-II	III	1	健康管理中心 1 楼: 骨密度检查室	已上证, 在用
35	数字化医用 X 射线摄影系统	uDR 770i	III	1	健康管理中心 1 楼: DR 室	已上证, 在用
36	双能 X 射线骨密度骨龄测定仪	SGY-II	III	1	健康管理中心: 骨密度二室	已上证, 在用
37	乳腺 X 射线机	GIOTTO CLASS	III	1	健康管理中心: 乳腺钼靶室	已上证, 在用
38	CT 机	NeuViz 64 In	III	1	体检车 (LFNCRXNXXNAC 08269)	已上证, 在用
39	移动式 X 射线机 MobiEye 700P	MobiEye 700P	III	1	移动式 X 射线机 MobiEye 700P (绵阳市中心医院病房等场所移动使用)	已上证, 在用
40	移动式数字化医用 X 射线摄影系统	NeuVision 550M Plus	III	1	移动式数字化医用 X 射线摄影系统 NeuVision 550M Plus (绵阳市中心医院病房等场所移动使用)	已上证, 在用
41	移动式数字化医用 X 射线摄影系统	uDR 370i	III	1	移动式数字化医用 X 射线摄影系统 uDR 370i (绵阳市中心医院病房等场所移动使用)	已上证, 在用

由上表可知, 医院现有使用射线装置 41 台, 其中 7 台 II 类射线装置, 34 台 III 类医用射线装置。

表 1-6 医院许可使用放射源情况

序号	核素	类别	辐射活动场所	总活度(贝可)/活度(贝可)×枚数	活动种类
----	----	----	--------	-------------------	------

1	Sr-90	V类	第二综合住院大楼1楼 (核医学科)	1.57E+9*1	使用
2	Ge-68	V类	第二综合住院大楼1楼核 医学科分子影像中心回 旋加速器机房	4.62E+7*2	使用
3	Ge-68	V类		9.25E+7*1	使用

表 1-7 医院许可使用放射源情况

序号	工作场所	场所等级	核素	日等效最大操作量(贝可)	年最大用量(贝可)	活动种类	备注
1	第二综合住院大 楼1楼(核医学 科)	乙级	I-125(粒子源)	8.88E+6	8.88E+10	使用	/
2		乙级	Bi-212	3.7E+7	3.7E+7	使用	/
3		乙级	Ac-225	7.77E+7	3.11E+8	使用	/
4		乙级	Lu-177	1.11E+9	3.55E+12	使用	/
5		乙级	Ra-223	6.66E+7	6.66E+7	使用	/
6		乙级	Pb-212	3.7E+5	3.7E+7	使用	/
7		乙级	Tb-161	1.11E+9	6.66E+11	使用	/
8		乙级	Sr-89	1.48E+8	3.70E+11	使用	/
9		乙级	Tc-99m	4.00E+8	1.00E+14	使用	/
10		乙级	P-32	3.70E+7	9.25E+10	使用	/
11		乙级	I-131	7.40E+8	1.85E+12	使用	/
12	第二综合住院大 楼1楼核医学科 (分子影像中心 回旋加速器机 房)	乙级	Cu-64	1.63E+7	2.29E+11	生产、使用	/
13		乙级	O-15	1.48E+7	2.00E+11	生产、使用	/
14		乙级	N-13	7.72E+8	2.49E+12	生产、使用	/
15		乙级	Zr-89	1.63E+8	2.29E+11	生产、使用	/
16		乙级	Ge-68(Ga-68)	1.85E+6	1.85E+9	使用	
17		乙级	F-18	1.31E+8	3.28E+12	生产、使用	/
18		乙级	C-11	1.51E+7	2.08E+11	生产、使用	/
19		乙级	Ga-68	3.70E+7	9.25E+10	生产、使用	
20	放射性药物研究 中心	乙级	Sc-47	1.48E+7	1E+10	使用	/
21		乙级	I-131	1.48E+7	7.44E+9	使用	/
22		乙级	Y-90	1.48E+7	7.52E+9	使用	/
23		乙级	Pb-212	1.48E+7	8.16E+9	使用	/
24		乙级	Ho-166	1.48E+7	7.69E+9	使用	/
25		乙级	N-13	7.17E+4	3.59E+10	使用	贮存
26		乙级	Ra-223	1.48E+9	7.43E+9	使用	/
27		乙级	F-18	1.14E+4	1.31E+10	使用	贮存
28		乙级	In-111	1.48E+7	7.52E+9	使用	/
29		乙级	N-13	1.4E+4	3.59E+10	使用	简单 操作
30		乙级	Lu-177	1.48E+7	7.45E+9	使用	/
31		乙级	Ac-225	1.48E+9	7.43E+9	使用	/
32		乙级	Bi-212	1.48E+8	2.07E+10	使用	/
33		乙级	P-32	1.48E+7	7.96E+9	使用	/
34		乙级	Zr-89	1.48E+7	7.4E+9	使用	简单

						操作
35	乙级	Ga-68	1.48E+5	1.84E+10	使用	/
36	乙级	Tc-99m	1.48E+5	8.8E+9	使用	/
37	乙级	Cu-67	1.48E+7	7.53E+9	使用	/
38	乙级	Cu-64	1.48E+6	8.03E+9	使用	/
39	乙级	I-125	1.48E+7	7.4E+9	使用	简单操作
40	乙级	Sr-89	7.4E+5	7.4E+9	使用	贮存
41	乙级	At-211	1.48E+8	8.55E+9	使用	/
42	乙级	C-11	7.03E+4	3.52E+10	使用	贮存
43	乙级	I-125	7.4E+5	7.4E+9	使用	贮存
44	乙级	I-123	1.48E+6	8.01E+9	使用	/
45	乙级	Sr-89	1.48E+7	7.4E+9	使用	简单操作
46	乙级	C-11	3.30E+5	3.52E+10	使用	简单操作
47	乙级	F-18	1.48E+5	1.31E+10	使用	简单操作
48	乙级	Zr-89	7.4E+5	7.4E+9	使用	贮存
49	乙级	Tb-161	1.48E+7	7.45E+9	使用	/

2、辐射环境年度监测

医院委托四川鸿源环境检测技术咨询有限公司对辐射工作场所进行了辐射环境现状监测，根据监测报告川鸿源环监字[2025]第F218号报告，医院诊断用射线装置屏蔽体外周围剂量率满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)6.3.1中X射线设备机房屏蔽体外剂量水平要求。根据监测报告川鸿源环监字[2025]第F218-1号报告，直线加速器治疗1室机房工作场所屏蔽体外X- γ 周围剂量率结果符合《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021)要求；根据监测报告川鸿源环监字[2025]第F218-2号报告，第二住院楼回旋加速器机房和核医学工作场所屏蔽体外X- γ 周围剂量率和 β 表面污染符合标准《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)。根据监测报告川鸿源环监字[2025]第F133号报告，医院感染楼1楼放射性药物研究中心工作场所屏蔽体外X- γ 周围剂量率符合标准《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)， α 和 β 表面污染控制水平均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)。第一综合住院大楼-1楼e-Flash治疗室超高剂量率电子射线放射治疗系统(e-Flash)为新上证装置，尚未投入使用。医院各射线装置工作场所电离辐射符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)。

准》（GB18871-2002）中规定的职业照射有效剂量20mSv/a的限值和公众照射有效剂量1mSv/a的限值；同时也符合职业人员5mSv/a的年有效剂量管理约束值和公众人员0.1mSv/a的年有效剂量管理约束值。

同时医院配备了便携式辐射剂量监测仪，不定期对辐射工作场所进行监测。

3、个人剂量

医院辐射工作人员均配备了个人剂量计，且个人剂量计定期送检，并建立个人剂量档案。医院委托四川鸿源环境检测技术咨询有限公司对医院辐射工作人员个人剂量进行监测，根据医院提供的2024年第4季度到2025年第3季度的个人计量检测报告川鸿源放检字【2024】第G001-1号、川鸿源放检字【2024】第G001-2号、川鸿源放检字【2025】第G034号01J-1、川鸿源放检字【2025】第G034号01J-2、川鸿源放检字【2025】第G034号01J-3、川鸿源放检字【2025】第G034号02J-1、川鸿源放检字【2025】第G034号02J-2、川鸿源放检字【2025】第G034号02J-3、川鸿源放检字【2025】第G034号03J-1、川鸿源放检字【2025】第G034号03J-2、川鸿源放检字【2025】第G034号03J-3，2024年第4季度个人有效剂量在<MDL~1.09mSv；2025年第1季度个人剂量检测值为<MDL~0.90mSv，2025年第2季度个人剂量检测值为<MDL~1.21mSv，2025年第3季度个人剂量检测值为<MDL~1.05mSv，年个人剂量检测值为0.02~3.37mSv。根据检测报告未发现单季度个人有效剂量超过季度限值1.25mSv，年剂量超过5mSv的情况，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的职业照射有效剂量20mSv/a的限值和公众照射有效剂量1mSv/a的限值；同时也符合职业人员5mSv/a的年有效剂量管理约束值和公众人员0.1mSv/a的年有效剂量管理约束值要求。

（二）辐射工作人员学习考核情况

医院应严格按照国家相关规定执行辐射工作人员持证上岗制度。医院现有辐射工作人员635人，均参加了核技术利用辐射安全与学习，其中90名辐射工作人员由四川省生态环境厅培训，并取得《辐射安全培训合格证》。医院现有II射线装置、核医学科和7名III类射线装置辐射工作人员，在国家核技术利用辐射安全与防护学习平台学习了辐射安全与防护知识培训合格后上岗，其余III类射线装置人员经医院自主培训合格之后上岗。

医院应严格按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《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，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过国家核技术利用辐射安全与防护学习平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）报名并参加考核。辐射安全与防护培训考核合格文件和自主考核成绩记录有效期均为五年。

（三）年度评估报告

医院在全国核技术利用辐射安全申报系统（rr.mee.gov.cn）中提交了“2024年度四川省核技术利用单位放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告”，医院对2024年度的辐射场所的安全和防护状况以及辐射管理情况进行了评估说明，包括医院基本信息、辐射安全许可证符合性检查及变更情况、本年度放射性同位素与射线装置使用台账及变更情况、辐射防护设施设备及废物处置、辐射安全与防护制度的修订和落实情况、辐射工作人员和个人剂量情况、辐射工作人员培训情况、场所辐射环境监测及监测数据、辐射事故及应急响应情况、辐射安全隐患及整改情况等。

（四）是否发生过辐射安全事故

由医院反馈得知，医院自取得辐射安全许可证以来，未发生过辐射安全事故，并出具了无事故情况说明，见附件。

（五）辐射管理规章制度执行情况

根据相关文件的规定，结合医院实际情况，制定有相对完善的管理制度，包括《辐射工作场所安全管理要求》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射安全和防护设施维护维修制度》、《射线装置台账管理制度》、《辐射工作人员培训计划》、《辐射工作设备操作规程》、《辐射工作人员个人剂量管理制度》、《辐射事故应急预案》、《辐射工作场所和环境辐射水平监测方案》等。医院辐射安全管理机构健全，有领导分管，人员落实，责任明确，在落实辐射事故应急预案与安全规章制度后，可满足防护实际需要。对医院现有场所而言，医院也已具备辐射安全管理的综合能力。医院应根据本项目建设完成后对内容进行补充完善，并且应根据国家发布新的相关法规内容，结合公司实际情况及时对各项规章制度补充修改。

表 2 放射源

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

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

表 3 非密封放射性物质

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

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

表 4 射线装置

(一) 加速器，包括医用、工农业、科研、教学等各种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 (MeV)	额定电流 (mA)/剂量 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

(二) X 射线机, 包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	医用血管造影 X 射线机	II类	1 台	飞利浦 Azurion7 M20	125	1000	介入手术	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 (μA)	中子强度 (n/s)	用途	工作 场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧、 氮氧化物	气态	—	—	少量	少量	少量	不暂存	直接排向大气环境

注：1. 常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/m³，年排放总量为 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	<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12月29日修订；</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) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2020年4月29日修订；</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第682号，2017年10月1日实施；</p> <p>(6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》（生态环境部令第16号，2021年1月1日起施行）；</p> <p>(7) 《四川省辐射污染防治条例》，四川省十二届人大常委会公告第63号，2016年6月1日起实施；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院第449号令，2019年3月修订；</p> <p>(9) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部令第18号令，2011年5月1日起实施；</p> <p>(10) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》；生态环境部令第20号，2021年1月4日修订；</p> <p>(11) 《关于发布《射线装置分类》的公告》，原环境保护部公告、国家卫生计生委，公告2017年第66号；</p> <p>(12) 《建设项目环境影响评价信息公开机制方案》，环发[2015]162号，2015年12月实施；</p> <p>(13) 《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，原国家环境保护总局、公安部、卫生部文件，2006年9月26日）；</p> <p>(14) 《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》，环发[2012]77号，环境保护部文件，2012年7月3日；</p> <p>(15) 《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，公告2019年第57号）；</p>
------------------	---

	(16) 《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）。
技术标准	<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与格式》（HJ10.1-2016）；</p> <p>(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>(3) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；</p> <p>(4) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；</p> <p>(5) 《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）；</p> <p>(6) 《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ/T244-2017）；</p> <p>(7) 《电离辐射所致眼晶状体剂量估算方法》（GBZ/T301-2017）；</p> <p>(8) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）；</p> <p>(9) 《放射工作人员健康要求》（GBZ 98-2020）；</p> <p>(10) 《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017）；</p> <p>(11) 《外照射放射防护剂量转换系数标准》（WS/T830-2024）；</p> <p>(12) 《医用外照射源的辐射防护》（国际放射防护委员会第33号出版物）；</p> <p>(13) 《医用电气设备 第一部分：安全通用要求 三、并列标准 诊断X射线设备辐射防护通用要求》（GB 9706.12-1997）。</p>
其他	<p>(1) 环评委托书；</p> <p>(2) 《辐射防护手册》（第一分册—辐射源与屏蔽，原子能出版社，1987）；</p> <p>(3) 《辐射防护手册》（第三分册，李德平、潘自强主编）</p> <p>(4) 《核技术利用监督检查技术程序》生态环境部（国家核安全局）（2020年发布版）；</p> <p>(5) 《四川省环境保护厅关于印发<四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）>的通知》（川环函[2016]1400号）；</p> <p>(6) 《绵阳市中心医院改扩建及市急救中心建设项目环境影响报告书》内，该项目已取得环评批复（川环建函[2007]187号）；</p> <p>(7) 院方提供的工程设计图纸及相关技术参数资料。</p>

表 7 保护目标与评价标准

评价范围							
根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）中的相关要求，结合项目特点确定辐射环境影响评价的范围：以复合手术室建筑实体为边界，周围 50m 范围以及楼上区域作为评价范围。							
保护目标							
根据本项目确定的评价范围，环境保护目标主要是医院辐射工作人员和周围停留的公众，由于电离辐射水平随着距离的增加而衰减，因此选取离辐射工作场所较近、有代表性的环境保护目标进行分析，具体环境保护目标见表 7-1。							
表7-1 本项目环境保护目标							
项目位置	保护目标	相对方位	距辐射源/屏蔽体机房的最近距离 (m)		人数 (人/天)	照射类型	剂量约束 (mSv/年)
			高差 (m)	水平距离 (m)			
复合手术室内	复合手术室内的主刀医生	/	0	0.5	5	职业照射	5.0
	复合手术室内的助手医生	/	0	1.0	5	职业照射	5.0
	复合手术室内的护士	/	0	1.2	5	职业照射	5.0
复合手术室周围	控制室的工作人员	东	0	6.6	1	职业照射	5.0
	电梯的人员	北	0	4.6	约 100	公众照射	0.1
	直彭式机房、设备间人员	南	0	4.6	2	公众照射	0.1
	库房、污废暂存间、走道、抢救室、感染诊断间	正上方	+2.9	0	约 50	公众照射	0.1
医院内部区域	第一住院楼内部	北侧	0	0~24	约 150	公众照射	0.1
		南侧	0	0~26	约 10	公众照射	0.1

		东侧	0	0~50	约 500	公众照射	0.1
	绿化带和道路	北侧	+2.9	24~36	约 300	公众照射	0.1
	绿化带和道路	南侧	+2.9	26~50	约 300	公众照射	0.1
	绿化带和道路	西侧	+2.9	0~34	约 300	公众照射	0.1
医院外部区域	西大街	北	+2.9	36~44	约 800	公众照射	0.1
	卫生巷	西	+2.9	34~42	约 600	公众照射	0.1
	仙龙潭假日酒店	西北	+2.9	38~50	约 800	公众照射	0.1
	四川中医药高等专科学校家附属院	西南	+2.9	35~50	约 500	公众照射	0.1

评价标准

一、环境质量标准

- (1) 大气: 《环境空气质量标准》(GB3095-2012)二级标准。
- (2) 地表水: 《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) III类标准。
- (3) 声环境: 《声环境质量标准》(GB3096-2008)2类标准。

二、污染物排放标准

- (1) 废气: 《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)二级标准。
- (2) 医疗废水排放执行《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005)表2中的预处理排放标准。
- (3) 噪声: ①施工期:《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB15023-2025)标准; ②运营期:《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)2类标准。
- (4) 固体废物: 医疗废物执行《医疗废物处理处置污染控制标准》(GB39707-2020)。

三、电离辐射剂量限制和剂量约束值

职业照射: 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，对任何工作人员，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量不超过由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯平均）20mSv。四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量不超过 500mSv。眼晶状体的年当量剂量不超过 150mSv。

结合医院原有核技术利用项目，医院评价取上述标准中规定的职业照射年有效剂量限值的 1/4（即 5mSv/a）作为绵阳市中心医院职业人员年剂量约束值；取四肢（手和足）或皮肤年当量剂量的 1/4（即 125mSv/a）作为绵阳市中心医院职业人员四肢（手和足）或皮肤年当量剂量约束值。取眼晶状体年当量剂量的 1/4（即 37.5mSv/a）作为绵阳市中心医院职业人员眼晶状体年当量剂量约束值。

公众照射：第 B1.2.1 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。

医院评价取上述标准中规定的公众年有效剂量限值的 1/10（即 0.1mSv/a）作为公众的年剂量约束值。

四、辐射工作场所边界周围剂量率控制水平

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）有关规定，本项目医用射线装置使用场所在距离机房屏蔽体外表面30cm外，周围辐射剂量率应满足：控制目标值不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

五、臭氧和氮氧化物排放标准

根据《工作场所有害因素职业接触限值第1部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2019/XG1-2022）室内臭氧符合最高允许浓度 $0.30\text{mg}/\text{m}^3$ ，氮氧化物的时间加权容许浓度为 $5\text{mg}/\text{m}^3$ ，短时间接触容许浓度为 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 。

表8 环境质量和辐射现状

一、项目地理和场所位置

本项目所在医院位于绵阳市涪城区常家巷12号，根据现场勘测，项目所在医院的北侧隔警钟街为商业区；东侧隔常家巷为马家巷11号院和马家巷18号院；西侧隔西大街为仙龙潭假日酒店，隔卫生巷为四川中医药高等专科学校家属院、卫生巷4号，紧邻四川中医药高等专科学校、绵阳市实验小学（涪城路校区）；南侧为涪卫街8号院、三汇绿湾春新区和鑫宏丰泽苑。

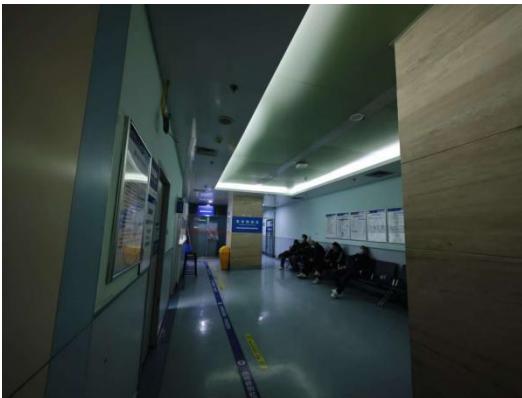
本项目位于医院第一住院大楼（19F/-1F，已建成）-1层内，项目复合手术室正上方为库房、污废暂存间、走道、抢救室、感染诊断间，北侧紧邻电梯、楼梯，南侧紧邻净化直彭式机房、设备间；东侧紧邻控制室。本项目复合手术室室实体屏蔽体 50m 范围之内主要为医院第一住院大楼区域、医院内部区域及外部西大街、卫生巷、仙龙潭假日酒店和四川中医药高等专科学校家属院，复合手术室北侧紧邻电梯间 0~24m 在第一住院大楼内部，24~36m 为医院内部道路，36~44m 为医院外部西大街，44~50m 为仙龙潭假日酒店；西北侧 0~30m 为医院内部区域，30~38m 为医院外部西大街，38~50m 为仙龙潭假日酒店；西侧 0~29m 为医院内部区域，29~35m 为医院外部卫生巷，35~50m 为四川中医药高等专科学校家属院；南侧紧邻净化直彭式机房、设备间 0~26m 在第一住院大楼内部，26~50m 为医院内部绿化带及道路；东侧紧邻控制室，0~50m 均在第一住院大楼内部。

在接受环境影响评价委托后，我公司技术人员对本项目拟建场所进行了踏勘，拟建场所现状见下图。





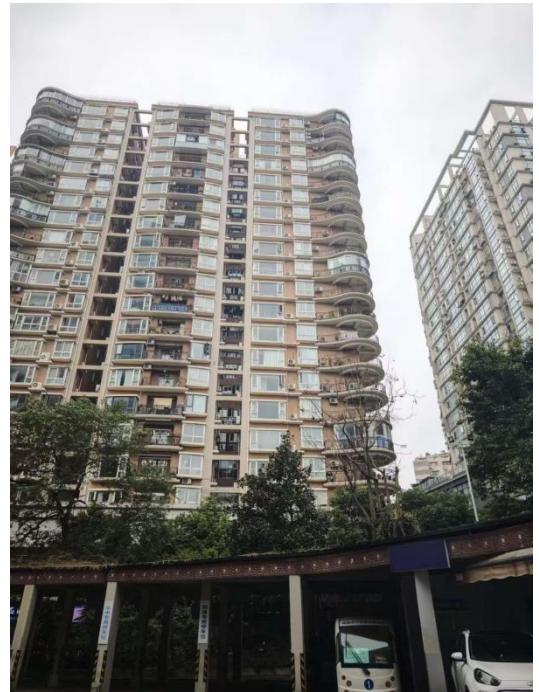
拟建复合手术室



复合手术室正上方



仙龙潭假日酒店



四川中医药高等专科学校家属院

二、本项目主要环境影响

本项目将原第一住院大楼-1层普通药品库改建为一间复合手术室，在复合手

术室内新增一台 DSA。本项目主要在楼栋里进行施工期，通过加强管理，合理安排施工时间，施工期的环境影响较小。在投入运营后，DSA 曝光过程中产生的 X 射线对环境造成主要影响。

三、本项目所在地 X-γ 辐射空气吸收剂量现状监测

(一) 监测方法

受四川鸿环环保科技有限公司委托，四川鸿源环境检测技术咨询有限公司于 2025 年 3 月 28 日按照要求对绵阳市中心医院拟建复合手术室场所周围，进行了辐射环境现状布点监测，其监测项目、分析方法及来源见表 8-1。

表 8-1 监测项目、方法及方法来源表

监测项目	监测方法	方法来源
环境 γ 辐射剂量率	《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》	HJ 1157-2021
	《辐射环境监测技术规范》	HJ 61-2021

监测使用仪器及环境条件见表 8-2。

表 8-2 监测使用仪器表

监测项目	仪器名称	仪器参数	校准证书编号	校准有效期	校准单位
环境 γ 辐射剂量率	多功能辐射检测仪 (型号：BG9512PG03) (编号：HY700)	1) 检测下限： 10nGy/h 2) 测量范围： 10nGy/h-200uGy/h 3) 校准系数： $C_F=1.02$ 4) 相对误差： -1.9%~-0.5% 5) 不确定度： $U_{rel}=6.5\%$, (k=2)	2025H21-20-5763563001	2025-2-26 至 2026-2-25	上海市计量测试技术研究院
温度湿度	温湿度计 (型号：TES1360A) (编号：HY543) 温度监测部分	1) 测量范围： 10°C~30°C 2) 不确定度： $U=0.5°C$, (k=2)	第 20240800145 3号	2024-8-8 至 2025-8-7	中计量检测有限公司
	温湿度计 (型号：TES1360A) (编号：HY543) 湿度监测部分	1) 测量范围： 40%~80.0% 2) 不确定度： $U=1.8\%$, (k=2)	第 20240800145 3号	2024-8-8 至 2025-8-7	中计量检测有限公司

	数字风速仪 (型号: QDF-6) (编号: HY320)		不 确 定 度 : $U=0.4\%$, ($k=2$)	第 20250300 9014 号	2025-3-18 至 2026-3-17	中计 计量 检测 有限 公司
监测 环境	日期	天气	温度 (°C)	相对湿度 (%)	风速 (m/s)	
	2025.3.28	阴	18	62%	1.62~1.84	

(二) 质量保证

该公司通过了计量认证，具备完整、有效的质量控制体系。本次监测所用的仪器性能参数均符合国家标准方法的要求，均有有效的国家计量部门的检定合格证书，并有良好的日常质量控制程序。监测人员均经具有相应资质的单位培训，考核合格持证上岗。数据分析及处理采用国家标准中相关的数据处理方法，按国家标准和监测技术规范有关要求进行数据处理和填报，并按有关规定和要求进行三级审核。

四川鸿源环境检测技术咨询有限公司质量管理体系：

1、计量认证

从事监测的单位，四川鸿源环境检测技术咨询有限公司于 2022 年 7 月取得了四川省市场监督管理局颁发的计量认证证书，证书编号为：222303051294，有效期至 2028 年 7 月 7 日。

2、仪器设备管理

①管理与标准化；②计量器具的标准化；③计量器具、仪器设备的检定。

3、记录与报告

①数据记录制度；②报告质量控制。监测人员均经具有相应资质的部门培训，考核合格持证上岗。

监测所用仪器已由计量部门年检，且在有效期内；测量方法按国家相关标准实施；测量不确定度符合统计学要求；布点合理、人员合格、结果可信，能够反映出辐射工作场所的客观辐射水平，可以作为本次评价的科学依据。

(三) 环境现状监测与评价

1、监测点位

为了解拟建地环境辐射剂量的本底值，本次监测点位涉及到复合手术室拟建址、复合手术室屏蔽体四周、复合手术室楼上、楼下、环境保护目标，包含建筑

内、建筑外、道路监测点，共 12 个监测点，布点全面，且本项目周围没有其它辐射影响源，其所在地及周围区域的辐射环境处于相当水平，故本项目监测点位能反映本项目所在地的辐射环境现状，监测点位布设合理，监测点位图如下。

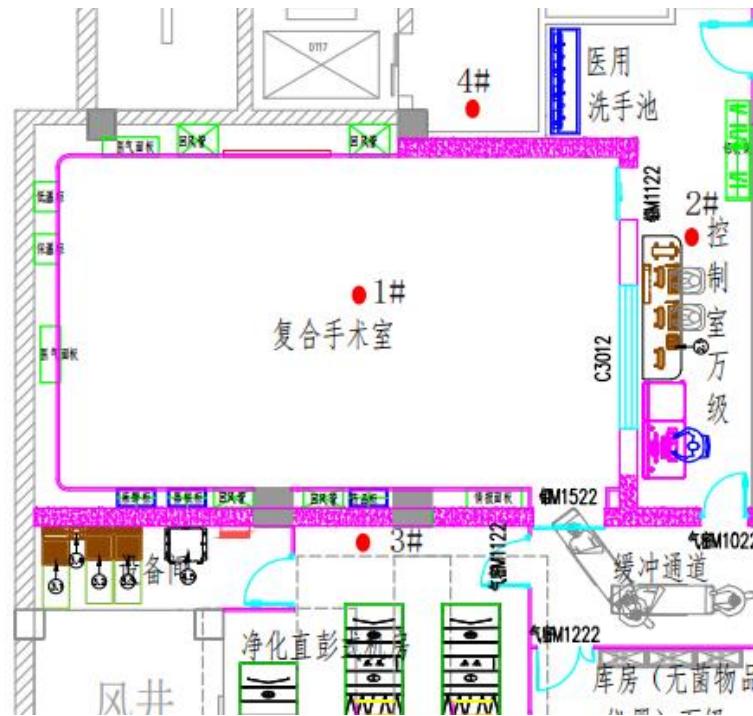


图 8-1 复合手术室所在楼层 (-1 层) 监测点位图



图 8-2 复合手术室正上方 (1 层) 监测点位图



图 8-3 复合手术室外环境 50m 范围内监测点位图

本项目环境辐射剂量率测量采用即时测量。用仪器直接测量出点位上的 γ 辐射空气吸收剂量率即时值，步骤如下：

- 开机预热。
- 手持仪器，保持仪器探头中心距离地面（基础面）为 1m。
- 仪器读数稳定后，以约 10s 的间隔读取/选取 10 个数据，记录在测量原始记录表中。

2、监测结果

表8-3 拟建项目周围环境X- γ 辐射剂量率

测点编号	点位描述	监测结果 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	标准差 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	修正结果 ($\mu\text{Gy}/\text{h}$)	标准差 ($\mu\text{Gy}/\text{h}$)	备注
1#	拟建复合手术室	0.083	0.005	0.085	0.005	室内
2#	拟建复合手术室东侧	0.079	0.005	0.081	0.005	
3#	拟建复合手术室南侧	0.086	0.005	0.088	0.005	

4#	拟建复合手术室北侧	0.082	0.005	0.084	0.006	
5#	复合手术室正上方	0.080	0.006	0.082	0.006	
6#	项目北侧医院内部道路及绿化带	0.086	0.006	0.088	0.006	
7#	项目北侧西大街	0.085	0.007	0.087	0.007	
8#	项目南侧医院内部道路及绿化带	0.082	0.006	0.084	0.006	
9#	项目西侧医院内部道路及绿化带	0.083	0.006	0.085	0.006	
10#	项目西侧外部卫生巷	0.085	0.005	0.087	0.005	
11#	项目西北方外部仙龙潭假日酒店	0.079	0.006	0.081	0.006	
12#	项目西南方外部家属院	0.081	0.006	0.083	0.006	

注: (1) γ 辐射剂量率 $D_\gamma = K_1 \times K_2 \times R_\gamma - K_3 \times D_c$, 未扣除宇宙射线响应值。($K_1=1.02$; $K_2=1$;

R_γ 为仪器测量读数值均值 Sv/h ; Sv 与 Gy 的转换系数: $1.20 \text{Sv}/\text{Gy}$ (监测仪器校准源为 ^{137}Cs)

(2) K_1 : 仪器校准因子(1.02)。

(3) K_2 : 仪器检验源校准因子(无检验源, 该值取1)。

(4) K_3 : 建筑物对宇宙射线的屏蔽因子。

(5) D_c : 测点处宇宙射线响应值。

由监测报告得知, 项目所在区域环境 γ 辐射空气吸收剂量率为 $81\sim88\text{nGy}/\text{h}$ 之间, 与绵阳市生态环境局发布的《2024年绵阳市生态环境状况公报》中 P14 环境 γ 辐射空气吸收剂量率(未扣除宇宙射线响应值)监测值为 $73.1\text{nGy}/\text{h}\sim143.9\text{nGy}/\text{h}$ 基本一致, 属于当地正常天然本底辐射水平。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

一、施工期污染源项分析

1、施工期间的环境影响分析

本项目在绵阳市中心医院第一住院大楼-1层建设，主要施工期工序主要为墙体新建，主体建筑的防护工程及其表面装修和DSA设备安装调试。本项目施工简单，施工期短，施工产生的废水、噪声、固体废物等污染物对周围影响环境较小。

本项目施工期工艺流程及产污环节见图 9-1。

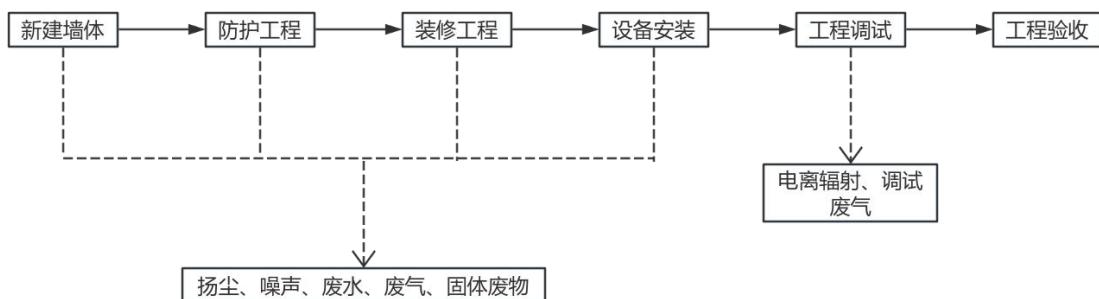


图 9-1 施工期工艺流程及产污环节图

2、施工期主要污染源处理措施

①扬尘

施工过程中产生的扬尘，主要是装修过程中产生的扬尘，属于无组织排放，可以通过封闭施工和采取及时洒水等措施来进行控制。

②废气

在装修过程中，装修工序和装修材料中释放的无组织废气，影响装修人员的身体健康。因此在装修期间，应加强室内的通风换气，装修结束后，也应每天进行通风换气。因施工量小，装修周期较短，施工期对环境的影响较小。

③噪声

施工期噪声主要是装修过程中产生的噪声，由于施工范围小，施工期较短，项目通过合理安排施工时间、禁止夜间施工、建筑隔声、选用低噪设备等措施后，在施工时严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB 12523-2025)的标准规定，施工噪声对周围环境的影响较小。

④废水

本项目建设施工废水经沉淀后循环使用；施工人员生活污水依托医院现有的污水处理站处理后，进入市政管网。

⑤固体废物

施工过程中固体废物主要有建筑垃圾、装修垃圾、包装垃圾、施工人员产生的生活垃圾等。建筑垃圾由施工单位收集后运送至指定的建筑垃圾堆放点暂存；装修期间和设备安装期间产生的包装垃圾经过分类收集，能回收利用部分回收处理，不能回收部分，作为建筑垃圾进行处理；生活垃圾经统一收集后由环卫部门定期清运。

3、设备安装调试期间的环境影响评价

本项目设备安装、调试由设备厂家专业人员操作，同时加强辐射防护管理，禁止无关人员靠近，防止辐射事故发生。本项目 DSA 调试阶段，会产生 X 射线，造成一定的电离辐射影响，产生少量的臭氧和氮氧化物。在调试过程中，应保证各屏蔽体屏蔽到位，在复合手术室防护门外设立辐射警示标志。由于设备的安装和调试均在复合手术室内进行，调试过程中产生的 X 射线经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可接受的。设备安装完成后，建设单位需及时回收包装材料及其它固体废物，作为一般固体废物进行处置，不可随意丢弃。

二、运营期污染源项分析

1、设备组成及工作原理

DSA 是影像增强器技术、电视技术和计算机科学技术相结合的产物，是应用最多的数字化 X 射线透视设备。DSA 主要由带有影像增强器电视系统的 X 射线诊断机、高压注射器、电子计算机图像处理系统、治疗床、操作台、磁盘或磁带机和多幅照相机组成。

①带有影像增强器电视系统的 X 射线诊断机：X 射线诊断机产生 X 射线，穿透人体后，由影像增强器接收并将其转换为可见光，再经过电视系统转换为电信号，最终形成影像。影像增强器电视系统提高了影像的清晰度和对比度，使血管结构更加易于观察。

②高压注射器：用于在 DSA 检查中快速注入造影剂，使造影剂能够充盈血管，从而在 X 射线影像中更加清晰地显示血管结构。

③电子计算机图像处理系统：电子计算机图像处理系统对接收到的 X 射线

影像进行数字化处理，包括图像增强、滤波、边缘检测等，以消除背景噪声和干扰，突出显示血管结构，实现图像的实时显示、存储和传输，便于医生进行远程会诊和病例管理。

④治疗床：DSA 检查中患者躺卧的平台，可以根据检查需要调整高度、角度和位置，以确保患者处于最佳的成像位置。

⑤操作台：医生控制 DSA 系统的控制台，包含各种按钮、旋钮和显示屏，用于调整 X 射线机的参数、控制造影剂的注射、选择图像处理模式等。

⑥磁盘或磁带机：用于存储 DSA 影像数据。

⑦多幅照相机：用于将 DSA 影像打印出来，供医生进行诊断和分析。

DSA（数字减影血管造影装置）是通过电子计算机进行辅助成像的血管造影方法。DSA 的基本原理是在注入造影剂前拍摄一张“底片”，然后通过血管注入造影剂后获得整体的造影图片，将两帧 X 线图像经数字化输入图像计算机，通过减影、增强和再成像过程来获得清晰的纯血管影像。它具有对比度分辨率高；检查时间短；造影剂用量少、浓度低；患者 X 射线吸收量明显降低以及节省胶片等优点。通过医用血管造影 X 射线机处理的图像，使血管的图像更加清晰直观，对患者进行下一步诊疗更高效更安全。

X射线的工作原理：X射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成，阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中。当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在铜阳极中的靶体射击。高压电压加在X射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度。高速电子与靶物质发生碰撞，就会产生轫致X射线和低于入射电子能量的特征X射线。其发射率随靶材料原子序数和电子能量的增加而增加。从系统管头组装体窗口发出的X射线称为主射束或有用线束；通过管头组装体泄漏出的X射线称为泄漏辐射。有用线束和泄漏辐射中，有一部分照射到墙面发生散射，称为散射辐射。通常散射辐射的能量小于泄漏辐射，其在建筑物中的衰减远大于初级X射线，X射线产生原理见图9-2。

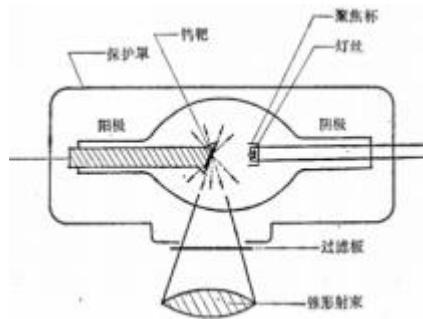


图9-2 X射线工作原理示意图

2、诊断及治疗流程

DSA 在进行曝光时分为拍片和透视两种情况，对应的治疗流程及产污过程见图 9-3。

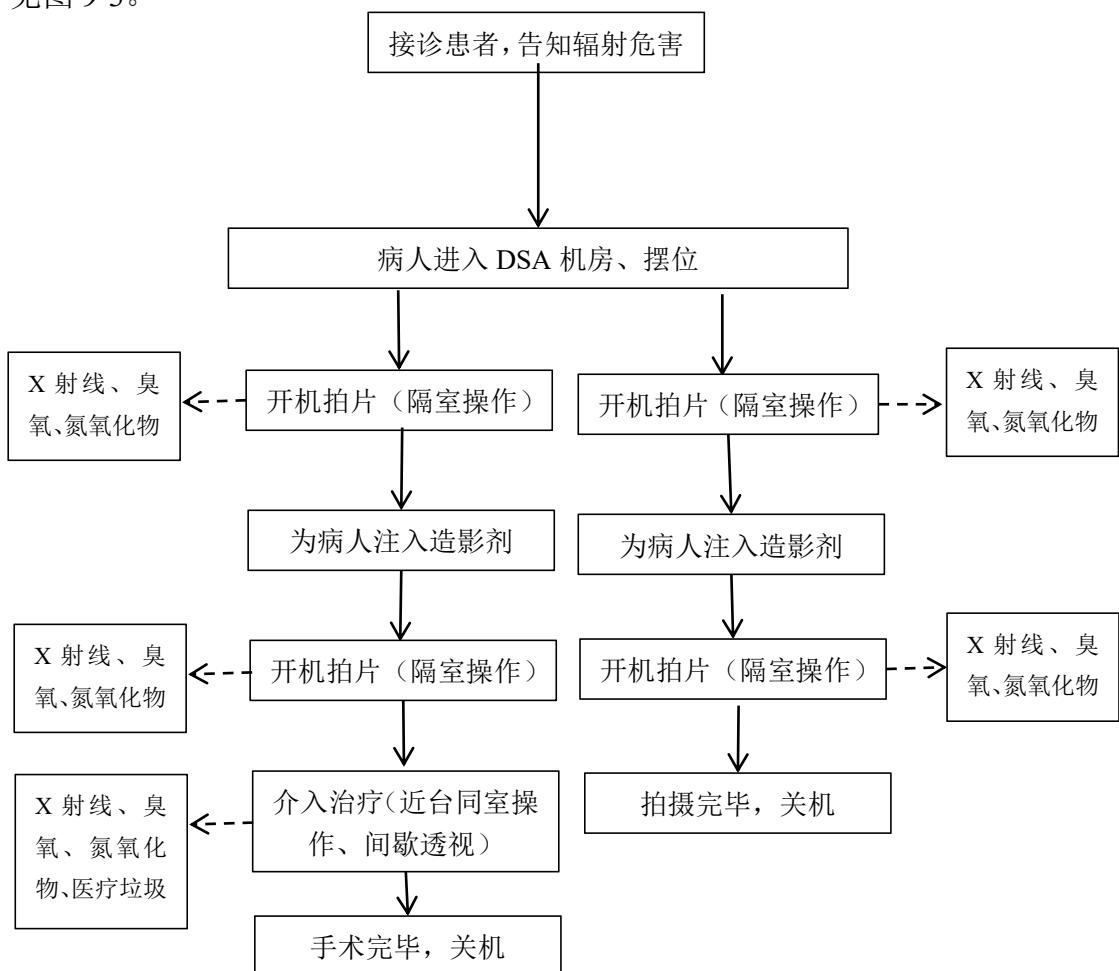


图 9-3 DSA 治疗流程及产污环节示意图

本项目DSA使用诊疗流程如下：

- (1) 术前准备：医生对患者进行全面术前评估，包括了解患者病史和过敏史等。医生向病人告知可能受到的辐射危害，病人进行手术前洁净准备。
- (2) 麻醉：根据患者的具体情况和手术部位要求，DSA手术可以在局部麻

醉或全身麻醉下进行。

(3) 设置参数，病人进入复合手术室、摆位。

(4) 开机拍片：医护人员隔室操作，注入造影剂前进行拍片留底，会产生X射线、少量的臭氧和氮氧化物。

(5) 为病人注入造影剂：利用高压注射器快速注入造影剂，使造影剂能够充盈血管，从而在X射线影像中更加清晰地显示血管结构。

(6) 再次开机拍片：医护人员隔室操作，注入造影剂后进行拍片，会产生X射线、少量的臭氧和氮氧化物。拍片结束后关机，拍片检查过程结束。

(7) 介入手术时医护人员近台同室操作，医护人员和患者均穿戴防护用品进行间接透视，间接透视过程中产生X射线、少量的臭氧和氮氧化物，手术完成后关闭机器。

根据不同的治疗方案，医生护士的密切配合，完成介入手术或检查。

DSA在进行曝光时分为拍片和透视两种情况：

①DSA拍片检查

DSA检查采用隔室操作方式。医护人员在控制室通过控制X射线的曝光，采集造影部位的图像。具体方式是麻醉后受检者位于检查床上，医护人员调整X线球管、人体、影像增强器三者之间的距离，随后医护人员进入控制室，关好防护门，通过观察窗，随时监测受检者状态。操作人员通过控制室的计算机系统控制X射线的曝光时间和地方，采集造影部位图像。拍片检查完成后关机，病人离开复合手术室。医生根据图像确诊患者的病变情况，选择合适的治疗方案。

②DSA介入检查

DSA介入检查采用近台同室操作方式。通过控制DSA的X系统曝光，对患者的部位进行间歇式透视。具体方式是受检者位于手术床上，手术主刀医生位于手术床旁，距DSA的X射线管0.5~1.2m处，在非主射束方向。在进入手术室前医护人员和受检者都要穿戴个人防护用品，受检者的主要防护用品有铅橡胶性腺防护围裙或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子等，医护人员的主要防护用品有铅衣、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套等。治疗过程中，手术医生按操作要求，踩动手术床下的脚踏开关启动DSA的X线系统进行透视（DSA的X射线系统连续发射X射线），通过悬挂显示屏上显示的连续画面，完成手术操作。每台手术DSA

系统的X射线系统进行透视的次数和透视时间都随患者的部位、手术的复杂程度而改变。手术结束后关机，病人离开手术室。

在 DSA 使用过程中技师位于控制室内，在手术医生指导下，做好图像采集、后处理，透视图像处理、转存等工作，为手术医生提供优质的操作界面；负责手术病人的登记、归档及电脑存档的工作；做好机器的清洁工作；操作过程中发现机器异常，应停止使用并及时报告，通知维修工程师维修，做好故障记录及维修记录。

3、产污环节

本项目拟在复合手术室中使用1台DSA，属于II类射线装置。产污环节有：
①在注入造影剂之前拍片产生的X射线和臭氧、氮氧化物；②在注入造影剂之后拍片产生的X射线和臭氧、氮氧化物；③介入手术时是间歇透视释放的X射线和臭氧、氮氧化物；④在手术过程中，产生的医疗包装物、容器、药棉、纱布、手套等医疗废物。注入的造影剂不含放射性，同时射线装置采用先进的数字显影技术，不会产生废显液、废定影液和废胶片等危险废物。

4、本项目医护人员、患者、污物路径分析

医护人员路径：本项目医护人员经换鞋区进入更衣室，通过缓冲区后经2#DSA 控制室、1#DSA 控制室再进入本项目控制室，技师直接在控制室开展工作，医生和护士经控制室进入复合手术室开展工作；手术结束后原路返回。

患者路径：患者在陪护人员陪同下从护士站经病员通道进入缓冲通道后再进入复合手术室，手术结束后原路返回。

污物路径：手术过程中产生的医疗废物经打包后放入医废暂存间，然后经污物通道再运到医院医废暂存间，最终交由资质的单位回收处理。

本项目医生、患者、污物路径图见附图 4。

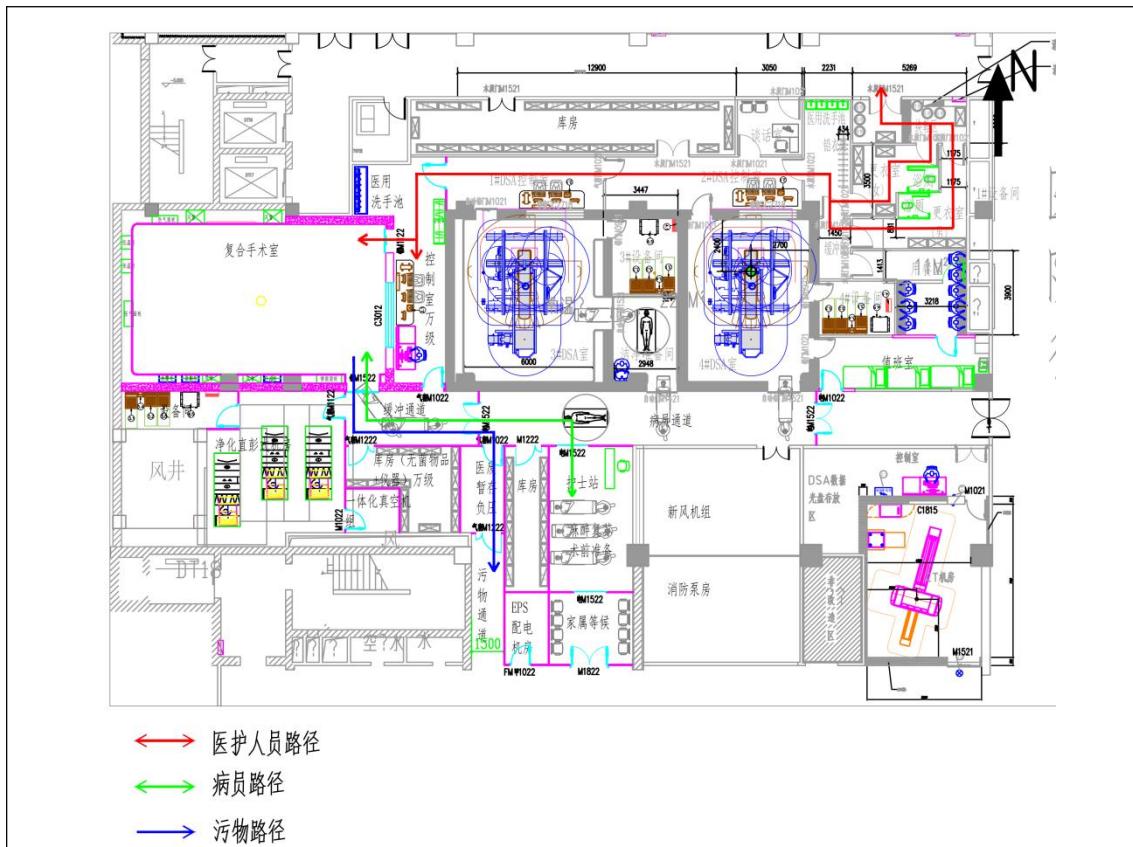


图 9-4 人流物流图

5、主要污染源描述

(1) 电离辐射

DSA 在开机状态下产生 X 射线，关机状态下不产生 X 射线。本项目使用



(2) 废气

DSA 使用过程中臭氧和氮氧化物产生量很小，项目产生的臭氧和氮氧化物通过复合手术室内风管经净化直彭式机房后部分与新风一起进入复合手术室，部分经风井到门诊楼 5 楼楼顶距地 20m 排放排风风量为 300m³/h，穿墙风管采用 3mm 铅当量的铅罩进行防护。

(3) 废水

本项目运行后，主要废水为辐射医护人员和患者产生的生活污水和少量的医疗废水。本项目辐射工作人员均为原有辐射工作人员，不新增生活污水。本项目涉及患者以每天3人计，用水量120L/人·天计，废水排放系数为0.8，则每

天产生生活污水 $0.288\text{m}^3/\text{d}$ ($86.4\text{m}^3/\text{a}$)。

项目辐射工作人员和患者每天产生的生活废水和医疗废水，依托医院的污水处理站（处理规模 $1200\text{m}^3/\text{d}$ ，处理工艺“氧化法+末端消毒法（二氧化氯）”），项目产生的废水经过污水处理站处理达《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466- 2005）表 2 中预处理标准后，排入市政管网。

（4）固体废物

①本项目使用数字成像系统，不使用定显影液和胶片，不产生危险废物。

②本项目手术时产生一定量的医疗废物（医用器具、纱布、手套、药棉、废造影剂、废造影剂瓶等），按每台手术约 2kg 的医疗废物，每年复合手术室最大手术台数为 700 台，则每年固体废物产生量约为 1.4t 。这些医疗废物按照国家《医疗废物管理条例》要求分类打包后暂存于医废暂存间，医疗废物日产日清，交由资质单位处理；办公、生活垃圾经袋装收集后桶装储存，日产日清，直接交由市政环卫部门统一清运。本项目依托的废水处理依托医院污水处理站，医院污水处理站格栅拦污后的固体废物与其他医疗废物一同交由资质单位处理。

③本项目配置 16 名辐射工作人员，均为原有辐射工作人员。工作人员产生的生活垃圾与办公垃圾不属于医疗废物，医院按当地管理部门要求，进行统一收集后交由环保部门统一定期清运。

因此，本项目产生固废均得到合理处置，不会对周围环境产生明显影响。

（5）噪声

本项目所有设备选用低噪声设备，噪声主要为空调和排风机噪声，根据《环境噪声与振动控制工程技术导则》(HJ 2034-2013)空调机组源强为 $60\sim70\text{dB(A)}$ ，通过建筑墙体隔声及距离衰减后，运行期间厂界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2类标准要求。

（6）造影剂的储存、泄漏风险

造影剂（碘海醇）是介入放射学操作中最常使用的药物之一。本项目拟使用造影剂为碘海醇注射液，规格为 100mL/瓶 ，每台介入手术使用 2 瓶，每年约 700 台手术，年使用量约为 140L 。医院将外购造影剂采用不锈钢药品柜作为普通药品单独密封保存，钥匙交由专人保管；在进入介入手术时，使用带托盘的不锈钢推车进行运送。在使用造影剂前由药剂师进行剂量核算后护士取药，医生用高压

注射器按照血液流速注入病人血管内，在 X 射线的照射下达到血管造影目的，最后由泌尿系统排出体外。医院未使用完和过期的造影剂不属于重金属和其他持久性有机物，不存在泄漏风险，均作为医疗废物处理。

表 10 辐射安全与防护

一、项目总平面布置及辐射工作场所两区划分

1、项目总平面布置

本项目 DSA 设置在第一住院大楼-1 层复合手术室，其辐射场所由复合手术室、设备间、净化直彭式机房、医用洗手池、控制室、缓冲通道、库房、一体化真空机、医废暂存间、污物通道、库房、EPS 配电机房、护士站、家属等候区组成。将位于将原有普通药品库、消防用房改建为复合手术室及配套用房。本项目复合手术室正上方为库房、污废暂存间、走道、抢救室、感染诊断间，北侧紧邻电梯、楼梯，南侧紧邻净化直彭式机房、设备间；东侧紧邻控制室。

(1) 本项目 DSA 使用场所由复合手术室、设备间、净化直彭式机房、医用洗手池、控制室、缓冲通道、库房、一体化真空机、医废暂存间、污物通道、库房、EPS 配电机房、护士站、家属等候区组成。详细布局见附图 3 复合手术室平面布置图。

(2) 医院拟在第一住院大楼-1 层原普通药品库改建为复合手术室，并在复合手术室内新增一台 DSA，项目选址避开了人流量较大的门诊区域，有效降低了公众受照的可能性，平面布局复合手术室辅助用房均紧邻复合后手术室，医护、病人各设置单独门进出，互不干扰，污物下班后进行转运，避免与人流交叉。

(3) 复合手术室建设在专门的辐射工作场所，有良好的实体屏蔽设施和防护措施。

综上所述，本项目辐射工作场所外设有专用的候诊区域，就诊通道。且本项目各组成部分功能区明确，所在位置既方便就诊、满足科室诊疗需要，也能够降低人员受到意外照射的可能性，所以平面布置是合理的。

2、辐射工作场所两区划分

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而限定区域。在控制区的进出口及其他适当位置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。运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。

结合项目诊疗、辐射防护和环境情况特点，将本项目复合手术室划为控制区，将复合手术室外 1m 处、控制室区域划为监督区。项目控制区和监督区划分情况见表 10-1，图 10-1。

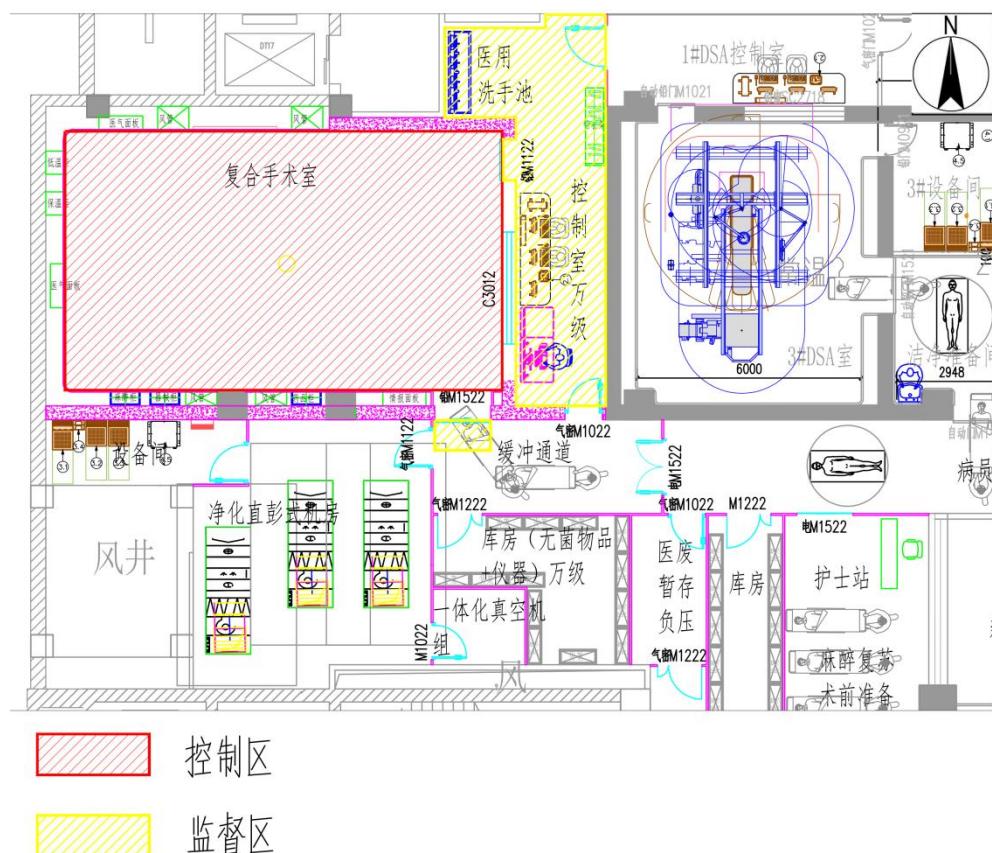


图10-1 项目两区划分示意图

表10-1 本项目控制区和监督区划分情况

设备名称及位置	控制区	监督区
DSA（复合手术室）	复合手术室	复合手术室外 1m 处、控制室

备注：为了保障安全，控制区内禁止外来人员进入，职业工作人员应严格遵守操作规程，并在日常工作时穿戴铅衣等个人防护装备，以减少不必要的照射。

监督区范围内应限制无关人员进入。

建设单位应严格按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的要求,结合医院实际情况,加强控制区和监督区的监管。

2、控制区防护手段与安全措施

①控制区进出口及其它适当位置处设立醒目的警告标志,见图10-2;

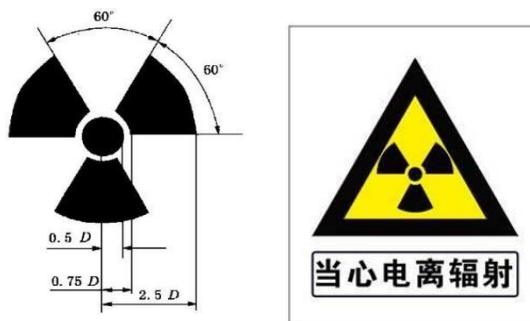


图10-2 电离辐射标志和电离辐射警告标志

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。

3、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;

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。

二、辐射安全与防护措施

在利用X射线进行放射检查和介入检查的同时,在无任何屏蔽设施的情况下,会对辐射源的周围环境及人员造成不应有的危害。为减少这种辐射危害,以及避免辐射事故的发生,医院针对DSA的特点,采取了相应的辐射安全防护措施。

1、DSA的固有安全性

本项目配备的DSA拟采用如下技术措施:

①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。

②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或铜滤过板，以多消除软 X 射线以及减少二次散射，优化有用 X 射线谱。设备提供适应不同应用时所可以选用的各种形状与规格的准直器隔板和铝、铜滤过板。

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（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。

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（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。

⑤配备相应的表征剂量的指示装置：配备能在线监测表征输出剂量的指示装置，例如剂量面积乘积（DAP）仪等。

⑥配备辅助防护设施：DSA 配备床下铅帘（0.5mmPb）和悬吊铅帘（0.5mmPb）、铅屏风等辅助防护用品与设施，则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。

⑦正常情况下，必须按规定程序并经控制台确认验证设置无误时，才能由“启动”键启动照射；同时在操作台和介入手术床体旁上均设置“紧急止动”按钮，一旦发生异常情况，工作人员可立即按下此按钮来停止照射。

2、屏蔽防护措施

本项目数字减影血管造影装置（DSA）最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA。

混凝土的铅当量根据《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公式 C.1、C.2 以及附录表 C.2。

屏蔽减弱因子 B：

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

式 1 中，B—给定屏蔽材料厚度的屏蔽减弱因子；

β —给定屏蔽材料对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

α —给定屏蔽材料对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

γ —给定屏蔽材料对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数;

X—屏蔽材料厚度。

铅当量 X:

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

B——给定材质厚度的屏蔽透射因子;

X——铅厚度 (mm) ;

α ——铅对不同管电压X射线衰减的有关的拟合参数;

β ——铅对不同管电压X射线衰减的有关的拟合参数;

γ ——铅对不同管电压X射线衰减的有关的拟合参数。

虽然根据机器特性,针对DSA主要考虑散射线和泄漏射线影响,但保守估计,在折合铅当量, 本项目墙体防护铅当量均采用最大管电压125kV进行考虑。

表10-2 屏蔽材料对X射线的辐射衰减拟合参数

管电压 125kV (主射)			
材料	α	β	γ
铅	2.219	7.923	0.5386
混凝土	0.03502	0.07113	1.6974
管电压 125kV (散射)			
材料	α	β	γ
铅	2.233	7.888	0.7295
混凝土	0.03510	0.06600	0.7832

根据机房墙体防护铅当量均采用125kV进行折算, 本项目复合手术室实体屏蔽与标准进行对照, 折算结果见表10-3。

表 10-3 复合手术室的实体防护设施铅当量折合对照表

位置	实体结构	折合铅当量	约合铅当量
西北侧墙体	400mm 混凝土	5.76mmPb	5.76mmPb
东北侧墙体	370mm 实心砖+30mm 硫酸钡水泥砂浆	3.37mmPb+1.58mmPb	4.95mmpb
东侧墙体	370mm 实心砖+30mm 硫酸钡水泥砂浆	3.37mmPb+1.58mmPb	4.95mmpb
南侧墙体	370mm 实心砖+30mm 硫酸钡水泥砂浆	3.37mmPb+1.58mmPb	4.95mmpb
西侧墙体	400mm 混凝土	5.76mmPb	5.76mmPb

屏蔽门	3mmPb	3mmPb	3mmPb
观察窗	3mmPb	3mmPb	3mmPb
屋顶	200mm 现浇混凝土楼板+32mm 硫酸钡板	2.63mmPb+1.67mmPb	4.3mmPb

注: ①粘土实心砖的密度是 $1.65\text{g}/\text{cm}^3$, 混凝土密度为 $2.35\text{g}/\text{cm}^3$, 铅密度为 $11.3\text{g}/\text{cm}^3$ 。

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,当管电压为125kV(主束)时,拟合得到125kV管电压下(主束)混凝土厚度对应铅当量的拟合函数计算200mm现浇混凝土楼板约折合为2.63mm铅当量;400mm现浇混凝土楼板折合约为5.76mm铅当量。

③由于《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)附录C无125kV时砖非有用线束方向的等效铅当量的数据,故根据《辐射防护手册》(第三分册,李德平、潘自强主编)P62表3.3不同屏蔽材料在不同管电压的X射线下对应的铅当量数据,得到150kV管电压下砖厚度对应铅当量的拟合函数,采用密度为 $1.6\text{g}/\text{cm}^3$ (无相应密度为 $1.65\text{g}/\text{cm}^3$ 实心砖数据,故保守采用黄砖 $1.6\text{g}/\text{cm}^3$ 进行计算)计算得到370mm实心砖约折合为3.37mmPb。

④鉴于实际施工时硫酸钡砂浆若达到标准钡水泥密度($3.2\text{g}/\text{cm}^3$)将容易在时间长久以后产生墙体开裂情况,针对本项目硫酸钡砂浆拟按照 $2.7\text{g}/\text{cm}^3$ 进行折算。由于无硫酸钡板的相关信息以硫酸钡水泥核算其铅当量。根据《辐射防护手册》(第三分册,李德平、潘自强主编)P63表3.4不同屏蔽材料在不同管电压的X射线下对应的铅当量数据,得到150kV管电压(无125kV管电压下数据)下钡水泥厚度对应铅当量的拟合函数,从而可知钡水泥(密度约为 $2.7\text{g}/\text{cm}^3$)在150kV电压下对应铅当量,30mm厚硫酸钡砂浆约折合为1.58mmPb,32mm厚硫酸钡板约折合为1.67mmPb。

表 10-4 机房的实体防护设施对照表

机房	机房规格	四周墙体		屏蔽门	观察窗	楼顶
		东北、东、南侧 结构及厚度	西北、西侧结 构及厚度	结构及 厚度	结构及 厚度	结构及厚度
复合手 术室	本项目DSA 属于X射线单 管头,机房有 效面积 81.15m^2 ,机房	370mm 实心砖 +30mm 厚硫酸 钡水泥砂浆 (4.95mmPb)	400mm厚现 浇混凝土 (5.76mmPb)	3mmPb	3mmPb	200mm 现浇混 凝土楼板 +32mm 硫酸钡 板 (4.3mmPb)

	内最小单边 长度6.93m				
放射诊 断放射 防护要 求	单管头X射线 设备(含C形 臂, 乳腺 CBCT)机房 内最小有效 使用面积 20m ² , 机房内 最小单边长 度3.5m	非有用线束 2mm 铅当量	非有用 线束 2mm 铅 当量	非有用 线束 2mm 铅 当量	有用线束 2mm 铅当量
备注	满足要求	满足要求	满足要 求	满足要 求	满足要求

3、安全措施

①电离辐射警示标志及门灯连锁（含工作状态指示灯）：在复合手术室医护人员防护门及病员防护门外张贴电离辐射警告标志，防护门上方将设置醒目的工作状态指示灯，灯箱上有“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句，工作状态指示灯能与防护门有效关联，防护门关闭时，指示灯为红色，以警示人员注意安全；当防护门打开时，指示灯灭。在监督区入口地面张贴警戒线，在候诊区设置放射防护注意事项告知栏。

②紧急止动装置：控制台上、介入手术床旁拟设置紧急止动按钮（各按钮分别与 X 射线系统连接）。DSA 系统的 X 射线出束过程中，一旦出现异常，按动任一个紧急止动按钮，均可停止 X 线系统出束。紧急止动装置旁张贴标注“急停按钮或紧急止动按钮”等相关醒目中文标识字样。

③防夹措施：本项目复合手术室仅设置电动推拉门，所有的电动推拉门将设置防夹装置。

④操作警示装置：DSA系统的X射线系统出束时，控制台上的指示灯变色，同时蜂鸣器发出声音。

⑤对讲装置：复合手术室、控制室内拟设置对讲装置，便于复合手术室内的人员与控制室内的技师沟通交流。

⑥在使用过程中对工作状态指示灯、门灯联锁进行定期检查确保其能正常工作，没有延迟等现象，定期润滑闭门装置的活动部件，若发现异常应及时更换或修理，同时在候诊区应设置放射防护注意事项告知栏。以确保手术室门及相关装置在使用过程中保持良好的工作状态，从而保障手术时的安全和高效。

4、人员的安全与防护

人员主要指本项目辐射工作人员、受检者或患者、本次评价范围内的公众。

（1）辐射工作人员

上岗前需进行职业健康检查，无从事放射工作的疾病或生理缺陷；需接受放射防护培训，持有相关证书。为减少辐射工作人员的照射剂量，采取防护 X 射线的主要方法有屏蔽防护、时间防护和距离防护，三种防护联合运用、合理调节。

①距离防护

复合手术室严格按照控制区和监督区划分实行“两区”管理，且在机房的人员通道门的醒目位置张贴电离辐射警告标志并安装工作状态指示灯箱。限制无关人员进入，以免受到不必要的照射。

②时间防护

在满足诊断要求的前提下，在每次使用射线装置进行诊断之前，根据诊断要求和病人实际情况制定最优化的诊断方案，选择合理可行尽量低的射线照射参数，以及尽量短的曝光时间，减少工作人员和相关公众的受照射时间，也避免病人受到额外剂量的照射。根据医院的实际情况，医院 DSA 主要用于介入手术、血管造影等。

③屏蔽防护

隔室操作：辐射工作人员采取隔室操作方式，通过控制室与机房之间的墙体、铅门和铅玻璃窗屏蔽 X 射线，以减弱或消除射线对人体的危害。

个人防护用品和辅助防护设施：辐射工作人员配备个人防护用品（铅橡胶颈套、铅衣、铅防护眼镜、介入防护手套等），其中，铅橡胶颈套用于减小甲状腺受照剂量、铅衣用于减小人体躯干受照剂量、铅防护眼镜用于减小眼晶体受照剂量、介入防护手套用于减小手部皮肤受照剂量。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 0.5mmPb ；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 。

④个人剂量监测

辐射工作人员均应配备有个人剂量计，并要求上班期间必须佩戴。医院定期（每季度一次）将个人剂量计送有资质单位进行检测，检测结果存入个人剂量档案。

辐射工作人员必须在从事辐射工作时间内正确佩戴个人剂量计，应在铅围裙

外锁骨对应的领口位置佩戴剂量计，同时，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），个人剂量计专人专用，不得混用。个人剂量计不佩戴时，由本人保管。禁止放在有人工射线源照射、日晒和紫外照射的地方，同时避免受潮、有机溶剂浸泡和靠近热源。个人剂量监测周期一般为 30 天，最长不应超过 90 天。

（1）受检者或患者的安全防护

医院应配有铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套，用于患者非照射部位进行防护，以避免病人受到不必要的照射。另外，在不影响工作质量的前提下，保持与射线装置尽可能大的距离。

（2）机房周边公众的安全防护

机房周围公众主要依托辐射工作场所的屏蔽墙体、防护门窗和楼板屏蔽射线。同时，辐射工作场所严格实行辐射防护“两区”管理，在机房门外张贴电离辐射警告标志、辐射防护注意事项告知栏和工作状态指示灯箱，禁止无关人员进入，以增加公众与射线装置之间的防护距离，避免受到不必要的照射，定期对辐射安全设施的进行维护，确保实时有效。

三、工作场所辐射安全防护设施

根据《核技术利用监督检查技术程序》（生态环境部（国家核安全局））和《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》（川环函[2016]1400 号）对 II 类医用射线装置的要求，根据建设单位拟采取的辐射安全措施进行了对照分析，具体情况见表 10-5：

表10-5 医用辐射安全防护设施对照分析表

序号	项目	规定的措施和制度	现有情况	应增加的设施
1	场所措施	操作位局部防屏蔽防护设施	设备自带铅帘	/
		观察窗屏蔽	1 扇（3mm 铅当量防护窗）	设计中已有
		机房防护门	2 扇（2 扇防护自动感应推拉门为病人进出门、医护进出门）	设计中已有
		通风设施	设计专用送风系统和排风系统	设计中已有
		紧急停机按钮	设备自带	设计中已有

		闭门装置		复合手术室不设平开门，故不设闭门装置
		门灯连锁	/	医护进出门、患者进出 门需各配备一套
		对讲系统	/	需配备 1 台
		入口电离辐射警告 标志	/	医护进出门、患者进出 门需各配备一套
		入口机器工作状态 指示灯箱	/	医护进出门、患者进出 门需各配备一套
2	监测 设备	便携式辐射剂量监 测仪	/	需配备 1 台
		个人剂量报警仪	/	需配 3 台
		个人剂量计	/	利用原有
3	防护 器材	医护人员个人防护	/	配备 0.5mmPb 的铅衣、 铅橡胶帽子、铅橡胶颈 套、铅防护眼镜， 0.025mmPb 介入防护手 套共 3 套
4		患者防护	/	患者配不小于 0.5mmPb 的铅橡胶性腺防护围裙 (方形) 或方巾、铅橡 胶颈套、铅橡胶帽子 (儿童、成人尺寸各 1 套，共两套)

四、投资估算

本核技术应用项目总投资 1000 万元，其中环保投资 23.6 万元，占总投资约 2.36%，具体环保设施及投资见下表 10-6。

表10-6 辐射防护设施（措施）及投资估算一览表

项目	设施	数量	金额 (万元)	备注
复合手术室	辐射屏蔽措施			

安全装置	
监测仪器和个人防护用品	
通风装置 医废处理	

在今后实践中，医院根据国家发布的法规内容，结合自身实际情况对环保设施做相应补充，使之更能满足实际需要和法规要求。

污染物处理

1、废水

本项目运行后，废水主要为辐射工作人员和患者之间产生的生活废水和少量

医疗废水。生活污水和少量医疗废水先进入医院污水处理站(处理规模 1200m³/d, 处理工艺“氧化法+末端消毒法（二氧化氯）”处理达《医疗机构水污染排放标准》(GB18466-2005)表 2 中预处理标准后, 进入市政污水管网。

2、废气

因 DSA 每次曝光时间短, 臭氧和氮氧化物产生量很少。臭氧在常温常压下稳定性较差, 可自行分解为氧气; 氮氧化物包括多种化合物, 除二氧化氮外, 其他氮氧化物均极不稳定, 可自行分解为空气中的常见物质。因此 DSA 运行过程中产生的少量臭氧和氮氧化物对周围环境空气影响较小。项目产生的臭氧和氮氧化物通过复合手术室内风管经净化直彭式机房后部分与新风一起进入复合手术室, 部分经风井到门诊楼 5 楼楼顶距地 20m 排放, 排风风量为 300m³/h, 穿墙风管采用 3mm 铅当量的铅罩进行防护。

3、噪声

本项目所有设备选用低噪声设备, 噪声主要为空调、风机噪声, 根据《环境噪声与振动控制工程技术导则》(HJ 2034-2013) 空调机组源强为 60~70dB (A), 通过建筑墙体隔声及距离衰减后, 运行期间厂界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008) 2 类标准要求。

4、固体废物

①本项目 DSA 采用数字成像, 不打印胶片, 因此不会有废显定影液、废胶片产生。

②手术时产生一定量的医用器具和药棉、纱布、手套、废造影剂、造影剂瓶等医用辅料及手术垃圾, 按每台手术约产生 2kg 的医疗废物, 每年复合手术室最大手术台数为 700 台, 则每年固体废物产生量约为 1.4t。这些医疗废物严格按国家《医疗废物管理条例》的要求分类暂存于医疗废物暂存间, 统一收集后交由有资质的单位处置; 本项目废水处理依托医院污水处理站, 医院污水处理站污泥经消毒后与其他医疗废物一同委托有资质单位处置。

③本项目配置名辐射人员 16 名, 工作人员产生的生活垃圾和办公垃圾不属于医疗废物, 医院按照当地管理部门要求, 进行统一收集后由环卫部门统一定期清运。

因此, 本项目产生固废均得到合理处置, 不会对周围环境产生明显影响。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

一、施工期的环境影响分析

本项目在绵阳中心医院第一住院大楼-1层复合手术室内建设,通过现场勘验得知,主要施工为利用原有楼板及东侧墙体,将原有普通药品库改建为复合手术室,本项目施工期主要为部分墙体的重建,主体建筑的防护工程及其表面装修和DSA及附属设施安装。

在施工过程中部分墙体的重建,四周墙体进行防护施工及装修、管线布置、设备安装等本项目在施工期间,主要环境影响为扬尘、废气、噪声、废水、固体废物。因施工期较短施工量较小,对周围环境影响较小。

①扬尘

施工过程中产生的扬尘,主要是部分墙体重建,四周墙体进行防护施工及装修过程中产生的扬尘,属于无组织排放,主要通过封闭施工管理和采取及时洒水等措施来进行控制。

②废气

施工期的废气主要产生在装修过程中,在装修时喷涂等工序产生的废气和装修材料中释放的废气,影响装修人员的身体健康,该废气的排放属无组织排放。因此在装修期间,应加强室内的通风换气,装修结束后,也应每天进行通风换气。因施工量小,装修周期较短,施工期对环境的影响较小。

③噪声

施工期噪声包括装修过程中产生的噪声,由于施工范围小,施工期较短,项目通过合理安排施工时间、禁止夜间施工、建筑隔声、选用低噪设备等措施后,在施工时严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB 12523-2025) 的标准规定,施工噪声对周围环境的影响较小。

④废水

本项目建设施工废水经沉淀后循环使用;施工人员生活污水依托医院现有污水处理站处理后排入市政管网。

⑤固体废物

施工过程中固体废物主要为建筑垃圾、装修垃圾、包装垃圾、施工人员产生的生活垃圾等。建筑垃圾由施工单位经收集后运送至指定的建筑垃圾堆放点暂存；装修期间和设备安装期间产生的包装垃圾经过分类收集，能回收利用部分回收处理，不能回收部分，作为建筑垃圾进行处理；生活垃圾经统一收集后由环卫部门定期清运。

复合手术室防漏射施工要求：

①铅门与墙体重叠部分不小于门与墙体缝隙宽度的10倍，门的底部与地面之间的重叠宽度至少为空隙的10倍，防护窗窗框铅板与铅玻璃相接处重叠应不小于20mm；②穿过复合手术室的通风管道的穿墙孔洞考虑补偿防护，采用铅皮包裹以避免通风管道布设方式影响到屏蔽墙体的屏蔽效果。本项目通风管道采用3mm铅条覆盖缝隙及风管转弯处，电缆管采用“Z”字形穿墙，其中通风管道补偿防护情况及电缆管线详见下图11-1。

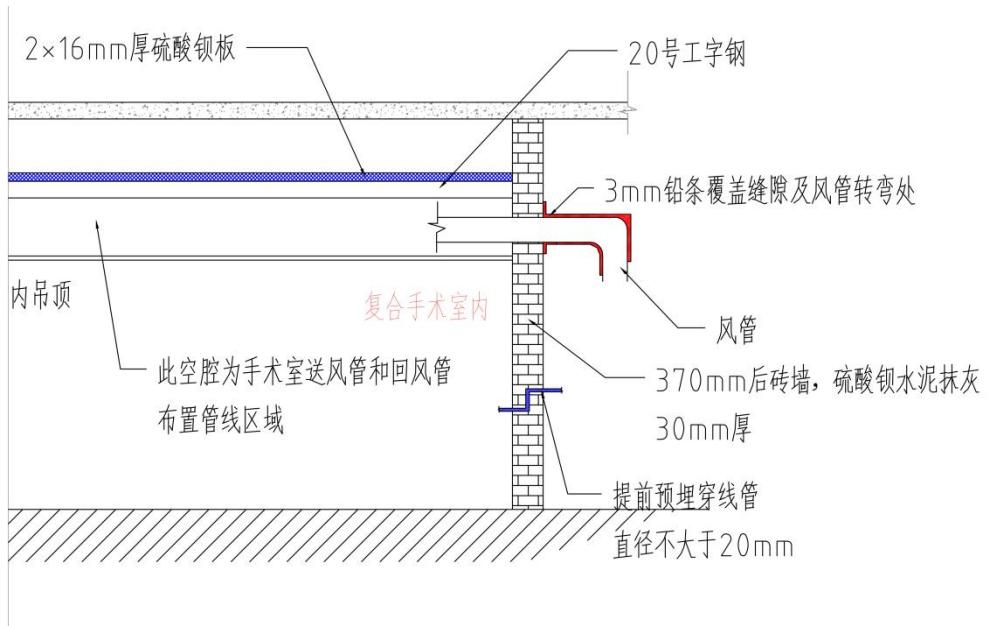


图 11-1 穿墙管线屏蔽结构图

二、设备安装调试期间的环境影响分析

本项目设备安装、调试由设备厂家专业人员操作，同时加强辐射防护管理，严格限制无关人员靠近，防止辐射事故发生。本项目 DSA 调试阶段，会产生 X 射线，造成一定的电离辐射影响；产生少量的臭氧。由于设备的安装和调试均在复合手术室内进行，调试过程中产生的 X 射线经过墙体的屏蔽和距离衰减后对

环境的影响是可接受的。设备安装完成后，建设单位需及时回收包装材料及其它固体废物，作为一般固体废物进行处置，不随意丢弃。

运行阶段对环境的影响

一、辐射环境影响分析

医院拟在医院第一住院大楼-1 楼复合手术室内使用 1 台最大管电压为 125kV、最大管电流为 1000mA 的 DSA。拟在复合手术室进行介入手术治疗约为 700 台，年曝光时间累计约为 149.03h（透视 146.67h，拍片 2.36h），主要用于血管造影、介入手术等。

根据原环境保护部和原国家卫生计生委联合发布公告 2017 年第 66 号《关于发布《射线装置分类》的公告》，DSA 属于II类射线装置，工作时不产生放射性废气、废水和固体废物。本机为数字成像设备，不使用显、定影液，其主要环境影响因素为工作时产生的 X 射线，出束方向从下向上。

DSA 在进行曝光时分为两种情况：

①造影拍片过程：操作人员采取隔室操作的方式，医生通过控制室铅玻璃观察机房内病人情况，并通过对讲系统与病人交流。在拍片过程中，医生位于控制室内，经机房各屏蔽体屏蔽后，对机房外（包括机房楼上）的公众和工作人员基本没有影响。

②脉冲透视过程

为更清楚的了解病人情况，医生需进入机房内进行治疗，在介入检查时会有连续曝光，并采用连续脉冲透视，此时手术医生身着铅防护衣、戴铅防护眼镜等在机房内铅帘后对病人进行直接的手术操作。第二种情况是本次评价的重点。

本环评采用理论预测方法对本项目数字减影血管造影装置在正常运行期间对辐射工作人员及公众的辐射影响分析。

1、本项目关注点的辐射环境影响分析

根据绵阳市中心医院提供的资料，复合手术室东北侧、东侧、南侧新建370mm 实心砖+30mm厚硫酸钡水泥砂浆；西北侧、西侧墙体依托原有400mm混凝土；机房顶部200mm厚现浇混凝土楼板+32mm厚硫酸钡板（新增），正上方为库房、污废暂存间、走道、抢救室、感染诊断间；观察窗（1扇）为3mm铅当量的铅玻璃，防护门（2扇）均为3mm铅当量。

本项目拟使用 DSA 最大管电压为 125kV、最大管电流为 1000mA。拍片时 DSA 的常用管电压 60~100kV，常用管电流为 100~400mA；在 DSA 透视时常用管电压为 70~90kV，常用管电流为 10~20mA。

本项目 X 射线管的最低固有滤过当量是 2.5mmAl，另有附加 3 档过滤器 1 档：0.1mmCu+1.0mmAl (4.0mmAl)；2 档：0.4mmCu+1.0mmAl (11.0mmAl)；3 档：0.9mmCu+1.0mmAl (21.5mmAl)，最低过滤为 6.5mmAl，项目保守按照 6.1mmAl 计，具体过滤信息见附件 14 过滤文件。

在透视时，管电压按 90kV 进行考虑，根据《辐射防护手册》（第一分册）P236 图 4.4c，查得 $vr_0 = 0.35 R \cdot mA^{-1} \cdot min^{-1}$ ，透视工况下按照最大管电流 20mA 换算后，距靶 1m 处的剂量率为 $61.11 mGy \cdot min^{-1}$ 。在拍片时，管电压按 100kV 进行考虑，根据《辐射防护手册》（第一分册）图 4.4c，查得 $vr_0 = 0.41 R \cdot mA^{-1} \cdot min^{-1}$ ，按照最大常用管电流 400mA 换算后，距靶 1m 处的剂量率为 $1431.72 mGy \cdot min^{-1}$ 。

本项目 DSA 投用后，手术过程中手术室四周的保护目标，均受到漏射射线和散射射线的影响，手术室上方受到主射辐射的影响。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，距离复合手术室最近关注点可以代表最大可能辐射有效剂量。

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）公式 C.1 以及附录表 C.2 可知，屏蔽透射因子 B：

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

式中：B—给定铅厚度的屏蔽透射因子；

β —铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

α —铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

γ —铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

X—铅厚度。

表 11-1 90kV、100kV 铅对 X 射线的辐射衰减拟合参数

管电压 90kV (透视)			
材料	α	β	γ
铅	3.067	18.83	0.7726
管电压 100kV (拍片)			
材料	α	β	γ

	主束	散射	主束	散射	主束	散射
铅	2.500	2.507	15.28	15.33	0.7557	0.9124

注：表 11-1 中数据来自 GBZ130-2020 中表 C.2。

根据上表参数带入公式计算，复合手术室不同屏蔽体材料及厚度对应的屏蔽投射因子见表 11-2。

表11-2 复合手术室设计屏蔽参数及防护措施铅当量一览表

屏蔽方位	屏蔽材料与厚度	等效铅当量	屏蔽透射因子 (透视)	屏蔽透射因子(拍片)	
				主束	散射
东北侧、东侧、南侧墙体	370mm 实心砖+30mm 厚硫酸钡水泥砂浆	4.95mmPb	2.00E-08	3.15E-07	4.75E-07
西北、西侧墙体	400mm 混凝土	5.76mmPb	1.67E-09	4.16E-08	6.23E-08
顶部	200mm 现浇混凝土楼板+32mm 厚硫酸钡板	4.30mmPb	1.47E-07	1.60E-06	2.42E-06
防护门	3mm 铅防护门	3mmPb	7.93E-06	4.14E-05	6.31E-05
防护窗	3mm 铅防护窗	3mmPb	7.93E-06	4.14E-05	6.31E-05
主刀医生	0.5mmPb 铅防护衣+0.5mmPb 铅帘	1mmPb	4.08E-03	/	/
助手医生	0.5mmPb 铅防护衣	0.5mmPb	2.52E-02	/	/
护士位	0.5mmPb 铅防护衣	0.5mmPb	2.52E-02	/	/

(1) 主射线束保护目标的影响

①计算模式

主射束的屏蔽防护采用《辐射防护手册》（第一分册）中计算公式如下：

$$D_r = \frac{D_I \cdot \mu \cdot \eta \cdot f \cdot T}{r^2} \quad (\text{式 2})$$

式中：

D_r —预测点处辐射空气吸收剂量，mSv/a；

D_I —X 射线在 1m 处的辐射空气吸收剂量率，mGy/min；

T —每年工作时间，8941.67min(其中透视 8800min, 拍片 141.67min)；

μ —利用因子；

η —对防护区的占用因子，各预测点位的占用因子均取 1；

f —屏蔽材料对初级 X 射线束的减弱因子；

r —预测点距 X 射线源的距离, m。

②预测结果分析

将相关参数带入(式2)中, 进行各关注点年有效剂量预测, 预测点年剂量估算结果见表 11-3:

手术室高度为 3.0m, 保守按照射线源距地面 0.3m, 则楼上 30cm 处与源的距离为 3.0m, 根据 NCRP147 报告, 患者和接收器对初始线束的减弱倍数为 10 到 100 倍, 考虑最不利影响, 患者和接收器对初始线束的减弱倍数取 10 倍, 则主射方向照射剂量率取主射线束的 10%。

表11-3 DSA主射方向预测点有效剂量估算

预测点		与源直线距离 (m)	屏蔽材料与厚度 (mm)	屏蔽透射因子 (f)	利用因子 (μ)	占用因子 (η)	照射时间 (min)	预测点年有效剂量 (mSv/a)	预测点年有效剂量 (mSv/a)
正上方 库房、污 物暂存 间、走 道、抢救 室	透 视	3.0	200mm 现浇 混凝土楼板 +32mm 厚 硫酸钡板 (约合 4.30mmPb)	1.47E-07	1	1	8800	8.79E-03	4.48E-02
	拍 片			1.60E-06	1	1	141.67	3.61E-02	

(2) 病人体表散射辐射剂量估算

$$H_s = \frac{H_0 \cdot s \cdot B \cdot (\alpha / 400)}{(d_0 \cdot d_s)^2} \quad (\text{式 3})$$

式中:

H_s —预测点处的散射剂量率, $\mu\text{Sv}/\text{h}$;

H_0 —靶 1m 处的剂量率, $\mu\text{Gy}/\text{h}$ (透视时靶 1m 处的剂量率 $61.11\text{mGy}/\text{min}$ 即 $3.67 \times 10^6 \mu\text{Gy}/\text{h}$; 拍片时靶 1m 处的剂量率 $1431.72\text{mGy}/\text{min}$ 即 $8.59 \times 10^7 \mu\text{Gy}/\text{h}$);

α —患者对 X 射线的散射比; 对于散射线向机房四侧墙体投射的情况, 根据《辐射防护手册》(第一分册, 李德平、潘自强主编) 中表 10.1 对于 100kV (无 90kV 的数据取 100kV 的数据)、90°散射角散射比为 0.0013 (该取值适用于机房四侧关注点相应预测计算)。

s —散射面积, cm^2 , 取 100cm^2 ;

d_0 —源与病人的距离, m, 取 1m;

d_s —病人与预测点的距离, m;

B —减弱因子。

各关注点散射辐射剂量率计算参数及结果见下表 11-4。各关注点位置图见下图 11-1。

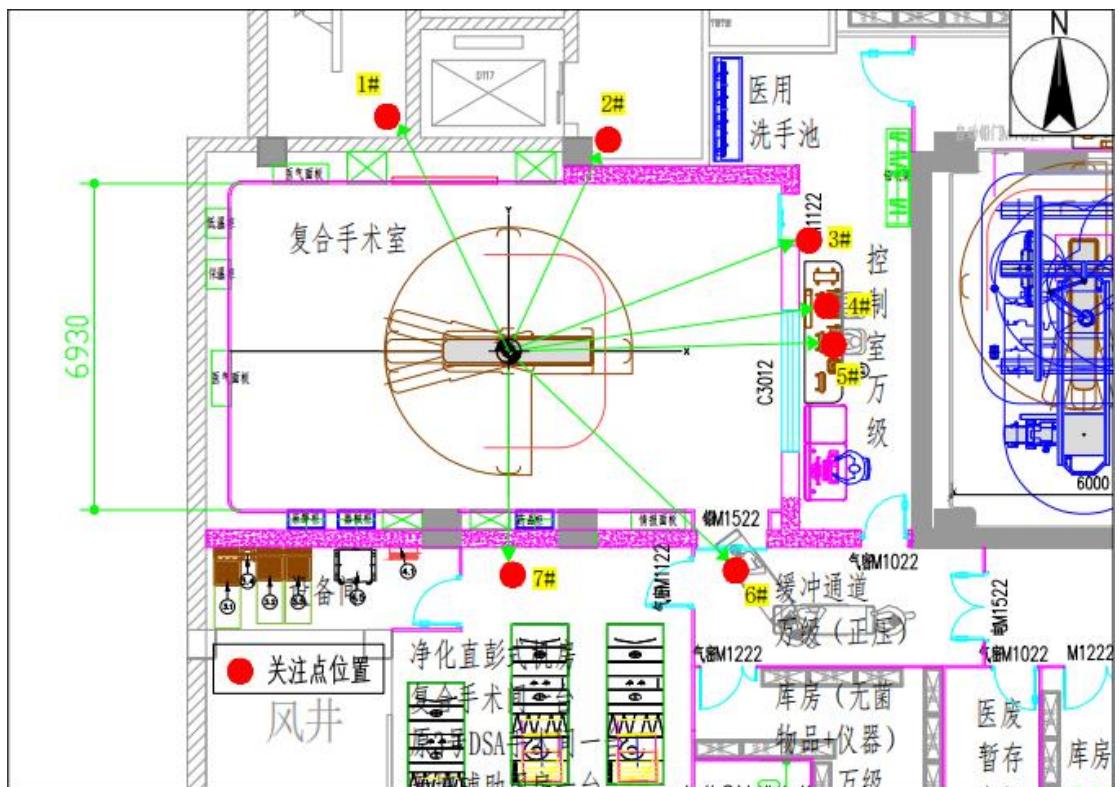


图11-2 各关注点位置图

表 11-4 各关注点散射辐射剂量率计算参数及结果

关注点描述	病人(散射点)到关注点距离(m)	屏蔽材料与厚度(mm)	折合铅当量 (mmPb)	照射模式	减弱因子	散射辐射剂量率 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)
复合手术室 内主刀医生	0.5	0.5mmPb 铅防护衣+0.5mmPb 铅帘	1	透视		
复合手术室 内助手医生	1	0.5mmPb 铅防护衣	0.5	透视		
复合手术室 内护士	1.2	0.5mmPb 铅防护衣	0.5	透视		
操作位	6.6	3mmPb 铅玻璃	3	透视 拍片		
1#西北侧墙 体外30cm处 (楼梯)	5.3	400mm 混凝土	5.76	透视 拍片		

2#东北侧墙体外30cm处(电梯)	4.6	370mm 实心砖+30mm 硫酸钡水泥	4.95	透视	2.00E-08	
				拍片	4.75E-07	
3#控制室防护门外30cm处	6.5	3mmPb 铅防护门	3	透视	7.93E-06	
				拍片	6.31E-05	
4#东侧墙体外30cm处(控制室)	6.5	370mm 实心砖+30mm 硫酸钡水泥	4.95	透视	2.00E-08	
				拍片	4.75E-07	
5#控制室防护窗外30cm处	6.6	3mmPb铅观察窗	3	透视	7.93E-06	
				拍片	6.31E-05	
6#南侧病人防护门30cm处	6.4	3mmPb 防护自动感应推拉门	3	透视	7.93E-06	
				拍片	6.31E-05	
7#南侧墙体外30cm处(净化直彭式机房)	4.6	370mm 实心砖+30mm 硫酸钡水泥	4.95	透视	2.00E-08	
				拍片	4.75E-07	
北侧医院内部绿化带及道路	24	370mm 实心砖+30mm 硫酸钡水泥	4.95	透视	2.00E-08	
		400mm 混凝土		拍片	4.75E-07	
北侧院外西大街	36	370mm 实心砖+30mm 硫酸钡水泥	4.95	透视	1.67E-09	
		400mm 混凝土		拍片	6.23E-08	
南侧医院内部绿化带及道路	26	370mm 实心砖+30mm 硫酸钡水泥	4.95	透视	2.00E-08	
				拍片	4.75E-07	
西侧医院内部绿化带及道路	7	400mm 混凝土	5.76	透视	1.67E-09	
				拍片	6.23E-08	
西侧院外卫生巷	34	400mm 混凝土	5.76	透视	1.67E-09	
				拍片	6.23E-08	
西北方仙龙潭假日酒店	38	400mm 混凝土	5.76	透视	1.67E-09	
				拍片	6.23E-08	
西南方四川中医药高等专科学校家	35	400mm 混凝土	5.76	透视	1.67E-09	
				拍片	6.23E-08	

属院						
----	--	--	--	--	--	--

(3) 泄漏辐射剂量估算

泄漏辐射剂量率按初级辐射束 1‰计算, 利用点源辐射进行计算, 各预测点的泄漏辐射剂量率可用下 (式 4) 进行计算。

$$H = \frac{H_0 \cdot B}{R^2} \quad (式 4)$$

式中:

H —预测点处的泄漏辐射剂量率, $\mu\text{Gy}/\text{h}$;

H_0 —距靶点 1m 处的最大剂量率, 根据国际放射防护委员会第 33 号出版物《医用外照射源的辐射防护》“(77)于诊断目的的每一个 X 射线管必须封闭在管套内, 以使得位于该套管内的 X 射线管在制造厂规定的每个额定值时, 离焦点 1m 处所测得的泄漏辐射在空气中的比释动能不超过 1mGy/h”(在距离源 1m 处不超过 100cm^2 的面积上或者在离管或源壳 5cm 处的 10cm^2 面积上进行平均测量), 以及《医用电气设备 第一部分: 安全通用要求 三、并列标准 诊断 X 射线设备辐射防护通用要求》(GB 9706.12-1997)中 29.204.3 的相应要求, 取本项目 DSA 离焦点 1m 处的泄漏辐射空气比释动能率为 $1.0\text{mGy}/\text{h}$ 。

R —靶点距关注点的距离, m;

B —减弱因子。

各预测点泄漏辐射剂量率计算参数及结果见下表 11-6。

表 11-6 各关注点的泄漏辐射剂量率计算参数及结果

关注点描述	病人(散射点)到关注点距离 (m)	屏蔽材料与厚度 (mm)	折合铅当量 (mmPb)	照射模式	减弱因子	漏射辐射剂量率 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)
复合手术室内主刀医生	0.5	0.5mmPb 铅防护衣+0.5mmPb 铅帘	1	透视	4.08E-03	
复合手术室内助手医生	1	0.5mmPb 铅防护衣	0.5	透视	2.52E-02	
复合手术室内护士	1.2	0.5mmPb 铅防护衣	0.5	透视	2.52E-02	
操作位	6.6	3mmPb 铅玻璃	3	透视 拍片	7.93E-06 4.14E-05	
1#西北侧墙体外 30cm 处 (楼梯)	5.3	400mm 混凝土	5.76	透视 拍片	1.67E-09 4.16E-08	

2#东北侧墙体外 30cm 处 (电梯)	4.6	370mm 实心砖 +30mm 硫酸钡 水泥	4.95	透视	2.00E-08	
				拍片	3.15E-07	
3#控制室防护门外 30cm 处	6.5	3mmPb 防护自动感应推拉门	3	透视	7.93E-06	
				拍片	4.14E-05	
4#东侧墙体外 30cm 处 (控制室)	6.5	370mm 实心砖 +30mm 硫酸钡 水泥	4.95	透视	2.00E-08	
				拍片	3.15E-07	
5#控制室防护窗外 30cm 处	6.6	3mmPb 铅观察窗	3	透视	7.93E-06	
				拍片	4.14E-05	
6#南侧病人防护门 30cm 处	6.4	3mmPb 防护自动感应推拉门	3	透视	7.93E-06	
				拍片	4.14E-05	
7#南侧墙体外 30cm 处 (净化直彭式机房)	4.6	370mm 实心砖 +30mm 硫酸钡 水泥	4.95	透视	2.00E-08	
				拍片	3.15E-07	
北侧医院内部绿化带及道路	24	370mm 实心砖 +30mm 硫酸钡 水泥	4.95	透视	2.00E-08	
		400mm 混凝土		拍片	3.15E-07	
北侧院外西大街	36	370mm 实心砖 +30mm 硫酸钡 水泥	4.95	透视	1.67E-09	
		400mm 混凝土		拍片	4.16E-08	
南侧医院内部绿化带及道路	26	370mm 实心砖 +30mm 硫酸钡 水泥	4.95	透视	2.00E-08	
		拍片		3.15E-07		
西侧医院内部绿化带及道路	7	400mm 混凝土	5.76	透视	1.67E-09	
				拍片	4.16E-08	
西侧院外卫生巷	34	400mm 混凝土	5.76	透视	1.67E-09	
				拍片	4.16E-08	
西北方仙龙潭假日酒店	38	400mm 混凝土	5.76	透视	1.67E-09	
				拍片	4.16E-08	
西南方四川中医药高等专科学校家属院	35	400mm 混凝土	5.76	透视	1.67E-09	
	35	400mm 混凝土		拍片	4.16E-08	

(4) 关注点辐射剂量率综合分析

本项目所致保护目标最大辐射剂量率理论预测结果见表 11-7。

表11-7 本项目各预测点保护目标最大辐射剂量率表

保护目 标相对 位置	关注点位描述	照射类 型	辐射剂量率 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)			综合辐射 剂量 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)
			主射	散射	漏射	
DSA 周 围	主刀医生	透视	/			
	助手医生	透视	/			
	护士	透视	/			
复合手 术室周 围	操作位	透视	/			
		拍片	/			
	1#西北侧墙体外 30cm 处 (楼梯)	透视	/			
		拍片	/			
	2#东北侧墙体外 30cm 处 (电梯)	透视	/			
		拍片	/			
	3#控制室防护门 外 30cm 处	透视	/			
		拍片	/			
	4#东侧墙体外 30cm 处 (控制 室)	透视	/			
		拍片	/			
	5#控制室防护窗 外 30cm 处	透视	/			
		拍片	/			
	6#南侧病人防护 门 30cm 处	透视	/			
		拍片	/			
	7#南侧墙体外 30cm 处 (净化直 彭式机房)	透视	/			
		拍片	/			
北侧	北侧医院内部绿 化带及道路 (370mm 实心砖 +30mm 硫酸钡 水泥)	透视				
		拍片				
	北侧医院内部绿 化带及道路 (400mm 混凝 土)	透视	/			
		拍片	/			
北侧	西大街 (370mm 实心砖+30mm	透视	/			
		拍片	/			

	硫酸钡水泥)						
西大街 (400mm 混凝土)		透视					
		拍片					
南侧	南侧医院内部绿 化带及道路	透视					
		拍片					
西侧	西侧医院绿化带 及道路	透视					
		拍片					
西侧	卫生巷	透视					
		拍片					
西北	仙龙潭假日酒店	透视					
		拍片					
西南	四川中医药高等 专科学校家属院	透视					
		拍片					
正上方	库房、污物暂存 间、走道、抢救 室、感染诊断间	透视					
		拍片					

由表 11-7 可知, 本项目复合手术室周围最大辐射剂量率为 $1.53\mu\text{Sv}/\text{h}$ (复合手术室正上方库房、污物暂存间、走道、抢救室、感染诊断间), 低于《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 中规定的屏蔽体外 30cm 处剂量辐射率不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 的规定。

(5) 关注点年辐射剂量综合分析

根据医院提供资料, DSA 年治疗病人最多约 700 人, 年最大曝光时间为 149.03h (透视 146.67h , 拍片 2.36h)。每台手术配 1 名主刀医生、1 名助手医生、1 名护士和 1 个技师, 技师操作受照时间为年最大曝光时间为 149.03h (透视 146.67h , 拍片 2.36h), 本项目共配置 5 名主刀医生 (分为 5 组)、5 名助手医生 (分为 5 组)、5 名护士 (分为 5 组) 和 1 名技师。本项目投运后可根据开展项目的实际情况适当调整辐射工作人员配置。医生、护士受照时间见表 11-8。

表 11-8 医生、护士、技师手术操作透视受照时间

使用科室	年接 诊病 人	单台手术 最长透视 曝光时间 (min)	人数 (名)			单组透视受照时间 (h)			
			主刀 医生	助 手 医 生	护 士	主刀 医 生	助 手 医 生	护 士	技 师
心血管内 科	300	15	2	2	2	41.25	41.25	41.25	透视 146.67h
神经内科	150	12	1	1	1	30	30	30	

神经外科	150	10	1	1	1	25	25	25	拍片
骨科	100	10	1	1	1	16.67	16.67	16.67	2.36h

注：心管内科每组一名主刀医生、一名助手医生、一名护士、一名技师，保守按单组的1.1倍计算。

个人年最大有效剂量估算可用下式5进行计算。

$$E = H \bullet t \bullet T \bullet 10^{-3} \quad (式5)$$

式中：

E —辐射外照射人均年有效剂量，mSv；

H —辐射剂量率， $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

t —年工作时间，h；

T —居留因子，本项目的居留因子全居留取1，部分居留取1/4，偶然居留取1/16；

本项目所致保护目标最大年有效剂量理论预测结果见表11-10。

表11-10 本项目各预测关注点理论预测最大受照剂量统计表

保护目标相对位置	关注点位描述	照射类型	综合剂量率($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	年最大受照时间(h)	居留因子	透视/拍片总辐射剂量(mSv/a)	年总辐射剂量(mSv/a)	备注
复合手术室内	心血管内科	主刀医生	透视	35.77	41.25	1		
	助手医生	透视	55.23	41.25	1			职业
	护士	透视	38.35	41.25	1			职业
	神经内科	主刀医生	透视	35.77	30.00	1		
	助手医生	透视	55.23	30.00	1			职业
	护士	透视	38.35	30.00	1			职业
	神经外科	主刀医生	透视	35.77	25.00	1		
	助手医生	透视	55.23	25.00	1			职业
	护士	透视	38.35	25.00	1			职业
骨科	主刀医生	透视	35.77	16.67	1			职业
	助手医生	透	55.23	16.67	1			职业

			视 透视							
		护士	透 视	38.35	16.67	1				职业
复合 手术 室周 围	操作位技师 窗外	透 视	3.99E-04	146.67	1					职业
			4.14E-02	2.36	1					
	操作位技师 门外	透 视	4.06E-04	146.67	1					职业
			4.26E-02	2.36	1					
	操作位技师 墙外	透 视	1.02E-06	146.67	1					
			3.21E-04	2.36	1					
	1#西北侧墙 体外 30cm 处 (楼梯)	透 视	1.20E-07	146.67	1/4					公众
			6.32E-05	2.36	1/4					
	2#东北侧墙 体外 30cm 处 (电梯)	透 视	1.93E-06	146.67	1/4					公众
			6.39E-04	2.36	1/4					
	3#防护门外 30cm 处 (控 制室)	透 视	4.06E-04	146.67	1					职业
			4.26E-02	2.36	1					
	4#东侧墙体 外 30cm 处 (控制室)	透 视	1.02E-06	146.67	1					职业
			3.21E-04	2.36	1					
	5#防护窗外 30cm 处 (控 制室)	透 视	3.99E-04	146.67	1					职业
			4.14E-02	2.36	1					
	6#南侧病人 防护门 30cm	透 视	4.07E-04	146.67	1					公众

	处	拍片	4.39E-02	2.36	1		
	7#南侧墙体外30cm处(净化直彭式机房)	透视	2.07E-06	146.67	1/16		公众
		拍片	6.42E-04	2.36	1/16		
北侧	北侧医院内部绿化带及道路(370mm实心砖+30mm硫酸钡水泥)	透视	7.61E-08	146.67	1/16		公众
		拍片	2.36E-05	2.36	1/16		
	北侧医院内部绿化带及道路(400mm混凝土)	透视	6.35E-09	146.67	1/16		公众
		拍片	3.09E-06	2.36	1/16		
北侧	西大街(370mm实心砖+30mm硫酸钡水泥)	透视	3.38E-08	146.67	1/16		公众
		拍片	1.05E-05	2.36	1/16		
	西大街(400mm混凝土)	透视	2.82E-09	146.67	1/16		公众
		拍片	1.37E-06	2.36	1/16		
南侧	南侧医院内部绿化带及道路	透视	6.48E-08	146.67	1/16		公众
		拍片	2.01E-05	2.36	1/16		
西侧	西侧医院绿化带及道路	透视	7.47E-08	146.67	1/16		公众
		拍片	3.63E-05	2.36	1/16		
西侧	卫生巷	透视	3.17E-09	146.67	1/16		公众
		拍片	1.54E-06	2.36	1/16		
西北	仙龙潭假日酒店	透视	2.53E-09	146.67	1		公众
		拍片	1.23E-06	2.36	1		
西南	四川中医药	透	2.99E-09	146.67	1		公众

	高等专科学校家属院	视 拍片	1.45E-06	2.36	1		
正上方	库房、污物暂存间、走道、抢救室、感染诊断间	透视	5.99E-03	146.67	1		公众
		拍片	1.53	2.36	1		

结合近四个季度绵阳市中心医院个人剂量报告,调配的辐射工作人员从现有射线装置工作人员中调配, 2024 年第 4 季度个人有效剂量在 $<\text{MDL} \sim 0.45\text{mSv}$; 2025 年第 1 季度个人剂量检测值为 $<\text{MDL} \sim 0.9\text{mSv}$, 2025 年第 2 季度个人剂量检测值为 $<\text{MDL} \sim 0.72\text{mSv}$, 2025 年第 3 季度个人剂量检测值为 $<\text{MDL} \sim 1.05\text{mSv}$, 射线装置年个人剂量检测值为 $0.02 \sim 2\text{mSv}$, 综合目前射线装置年个人剂量最大为 2mSv/a , 按最不利情况并综合上表, 根据手术医生的配置情况, 单名主刀医生所受年剂量最大为 3.48mSv/a , 单名助手医生所受年剂量最大为 4.28mSv/a ; 单名护士所受年剂量最大为 3.58mSv/a ; 技师所受年剂量最大为操作位技师门外 1.60E-04mSv/a , 满足本次评价确定的职业人员 5mSv/a 的剂量约束要求; 本项目复合手术室周围公众所受年剂量最高为 4.48E-03mSv/a , 小于本次评价确定的公众 0.1mSv/a 的剂量约束值要求。

医院应合理安排手术医生的手术量, 每个季度对介入科辐射工作人员个人剂量进行严格监督, 杜绝出现辐射工作人员个人剂量单季度超过 1.25mSv 、年超过 5mSv 事件的发生, 若发现单季度超过 1.25mSv 的情况, 医院应立即采取有效的管控措施。

根据电离辐射水平随着距离的增加而衰减的规律, 距离复合手术室最近的关注点可以代表最大可能辐射有效剂量。在 DSA 运行后, 项目运行产生的 X 射线经墙体、门窗屏蔽、距离衰减后, DSA 检查时周围环境保护目标受照剂量低于预测剂量, 对复合手术室周围公众影响更小。

2、医生腕部皮肤受照剂量

手术医生和护士在手术室内进行介入手术时, 会穿铅防护衣、戴介入防护手套、铅防护眼镜、铅橡胶颈套等防护用品, 但是仍有部分皮肤暴露在射线下受到照射, 在过程手术中, 手术医生腕部距离射线照射方向最近, 因 X 射线随着距离的增加呈现衰减趋势, 故以手术医生腕部剂量估算结果进行核算医护人员皮肤

照射年剂量，根据《电离辐射所致皮肤计量估算方法》（GBZ/T244-2017）中的公式估算手术室或介入室人员年皮肤吸收剂量：

$$D_s = C_{ks} \left(\dot{k} \cdot t \right) \cdot 10^{-3} \quad (式 6)$$

$$\dot{k} = \frac{\dot{H}^{*(10)}}{C_{KH}} \quad (式 7)$$

式中：

D_s —皮肤吸收剂量，mGy/h；

\dot{k} —X 辐射场的空气比释动能率， $\mu\text{Gy}/\text{h}$ ；

C_{KS} —空气比释动能到皮肤吸收计量的转化系数（Gy/Gy）；

t —人员累计受照时间，41.25h；

$\dot{H}^{*(10)}$ —X 辐射场周围剂量当量率， $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

C_{KH}^* —空气比释动能到周围剂量当量的转化系数（Sv/Gy）。

根据科室介入手术工作量，每名医生累计受照射时间最长为41.25h，由于手术过程中手术医师随时在活动，其腕部不会一直处于受照射位置不动，因此保守考虑，分以下两种情况预测：①预计在透视时有1/5时间手术医师在受照位置进行插入导管等操作，此时医师腕部受铅防护手套（0.025mmPb）保护；②预计在剩余透视时的4/5时间内手术医师在手术床侧的其他位置，此时腕部未处于受照位置，腕部受到铅防护手套（0.025mmPb）和铅悬挂防护屏（0.5mmPb）的保护。

①按照常用最大电流换算后，透视时距靶1m处的剂量率为61.11mGy/min，医生操作时腕部距非主射束的距离取0.5m，且考虑0.025mmPb铅防护手套屏蔽防护，手术时腕部位置处的空气吸收剂量通过计算可得到辐射剂量当量为 $2.99 \times 10^3 \mu\text{Gy}/\text{h}$ 。本项目DSA可近似地视为垂直入射，而且是AP入射方式（AP，即垂直于人体长轴/Z轴，从人体正面的入射）。从《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ/T244-2017）中表A.9可查得X辐射场空气比释动能到周围剂量当量的转化系数 $C_{KH}^* = 1.65 \text{Sv/Gy}$ ，由（公式7）计算出辐射场的空气比释动能率为 $1.81 \times 10^3 \mu\text{Gy}/\text{h}$ 。从表A.4可查出空气比释动能到皮肤吸收剂量的转换系数 $C_{KS} = 1.123 \text{mGy/mGy}$ 。医生手术时腕部皮肤约1/5的时间处于受照位置，则核算出

手术医生手术位腕部皮肤受照当量剂量为16.77mSv/a。

②按照常用最大电流换算后, 距靶1m处的剂量率为61.11mGy/min, 医生操作时腕部距非主射束的距离取0.5m, 且考虑0.025mmPb铅防护手套和0.5mmPb铅悬挂防护屏的屏蔽防护, 手术时腕部位置处的空气吸收剂量通过计算可得到辐射剂量当量为 $1.08 \times 10^2 \mu\text{Gy}/\text{h}$ 。本项目DSA可近似地视为垂直入射, 而且是AP入射方式(AP, 即垂直于人体长轴/Z轴, 从人体正面的入射)。从表A.9可查得X辐射场空气比释动能到周围剂量当量的转化系数 $C_{KH}^* = 1.65\text{Sv/Gy}$, 由(公式7)计算出辐射场的空气比释动能率为 $65.61\mu\text{Gy}/\text{h}$ 。从表A.4可查出空气比释动能到皮肤吸收剂量的转换系数 $C_{KS} = 1.123\text{mGy/mGy}$ 。医生手术位腕部皮肤约4/5的时间处于受照位置, 则核算出手术医生手术位腕部皮肤受照当量剂量为2.43mSv/a。

合计手术医生手术位腕部皮肤受照当量剂量为19.20mSv/a。满足《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, 对任何工作人员, 四肢(手/足)或皮肤的年当量剂量不超过500mSv, 也满足本项目对于放射工作人员四肢(手和足)或皮肤当量剂量通常管理值, 即不超过125mSv的要求。

3、医生眼晶体受照剂量估算

手术医生和护士在手术室内进行介入手术时, 会穿铅防护衣、戴介入防护手套、铅防护眼镜、铅橡胶颈套等防护用品, 根据《电离辐射所致眼晶状体剂量估算方法》(GBZ/T301-2017)中的公式估算手术室或介入室人员年眼晶状体吸收剂量:

$$D_L = C_{KL} \left(\dot{k} \cdot t \right) \cdot 10^{-3} \quad (\text{式 8})$$

$$\dot{k} = \frac{\dot{H}^{*(10)}}{C_{KH}^*} \quad (\text{式 9})$$

式中:

D_L —眼晶体吸收剂量, mGy/h;

C_{KL} —空气比释动能到眼晶状体吸收剂量的转换系数(其值参见附录A中表

A.4) , (Gy/Gy) ;

t —人员累计受照时间, 41.25h;

\dot{k} —X 辐射场的空气比释动能率, $\mu\text{Gy}/\text{h}$;

$\dot{H}^{*(10)}$ —X 辐射场周围剂量当量率, $\mu\text{Sv}/\text{h}$;

C_{KH}^* —空气比释动能到周围剂量当量的转化系数 (Sv/Gy) 。

按照常用最大电流换算后, 距靶 1m 处的剂量率为 61.11mGy/min, 医生操作时眼晶状体距非主射束的距离取 0.6m, 且考虑 0.5mmPb 铅防护眼镜屏蔽防护, 手术时眼晶状体位置处的空气吸收剂量通过计算可得到辐射剂量当量为 $83.33\mu\text{Gy}/\text{h}$ 。本项目 DSA 可近似地视为垂直入射, 而且是 AP 入射方式 (AP, 即垂直于人体长轴/Z 轴, 从人体正面的入射)。从表 A.7 可查得 X 辐射场空气比释动能到周围剂量当量的转化系数 $C_{KH}^* = 1.65\text{Sv/Gy}$, 由 (公式 9) 计算出辐射场的空气比释动能率为 $50.50\mu\text{Gy}/\text{h}$ 。从表 A.4 可查出空气比释动能到眼晶状体吸收剂量的转换系数 $C_{KL} = 1.49\text{mGy/mGy}$ 。根据科室介入手术工作量, 每名医生累计受照时间最长为 41.25h, 则核算出手术医生手眼晶状体受照当量剂量为 3.10mSv/a , 满足《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, 对任何工作人员, 眼晶状体的年当量剂量不超过 150mSv , 也满足本项目对于放射工作人员眼晶状体当量剂量通常管理限值, 即不超过 37.5mSv 的要求。

医院应严格落实辐射安全防护的各项规章制度, 所有手术过程中复合手术室内的医护人员均应按辐射工作人员进行管理, 手术室医护人员穿戴好防护用品并严格遵守操作规程。对病人病灶进行照射时, 应将病人病灶以外部位用铅橡胶布进行遮盖或穿着铅服, 以避免病人受到不必要的照射。

4、介入检查对医生和患者的辐射防护要求

介入检查是一种解决临床疑难病的新方法, 但介入检查时 X 射线曝光量大, 曝光时间长, 距球管和散射体近, 使介入检查操作者受到大剂量的 X 射线照射。为了减少介入检查时 X 射线对操作者和其他人员的影响, 本评价提出以下几点要求:

(1) 介入检查医生自身的辐射防护要求: ①加强教育和培训工作, 提高辐

射安全文化素养,全面掌握辐射防护法规和技术知识;②结合诊疗项目实际情况,综合运用时间、距离与屏蔽防护措施;③在介入手术期间,必须穿戴个人防护用品,并佩戴个人剂量报警仪;④定期维护 DSA 系统设备,制定和执行介入检查的质量保证计划。

(2) 患者的辐射防护要求:①严格执行 GB18871-2002 中规定的介入诊疗指导水平,保证患者的入射体表剂量率不超过 100mGy/min;②选择最优化的检查参数,为保证影像质量可采用高电压、低电流、限制透视检查时间等措施;③采用剂量控制与分散措施,通过调整扫描架角度,移动扫描床等办法,分散患者的皮肤剂量,避免单一皮肤区域接受全部剂量;④作好患者非照射部位的保护工作。

5、射线装置

射线装置在报废前,应采取去功能化的措施(如拆除电源和拆除加高压射线管),确保装置无法再次组装通电使用,并按照国有资产和生态环境保护主管部门的要求,履行相关报废手续。

二、大气环境影响分析

本项目在运行过程中,主要大气污染因子为 DSA 机房内空气中受 X 射线电离而产生的臭氧和氮氧化物。项目产生的臭氧和氮氧化物通过复合手术室风管经净化直彭式机房后部分与新风一起进入复合手术室,部分经风井到门诊楼 5 楼楼顶距地 20m 排放,排风风量为 300m³/h,经自然分解和稀释,对周围环境影响较小。

三、废水环境影响分析

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和少量医疗废水。生活污水和少量医疗废水先经医院现有污水处理站处理,在医院污水处理站预处理达到《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005)表 2 中的预处理排放标准后,外排市政污水管网。

四、声环境影响分析

本项目噪声源主要为空调及风机噪声,所有设备选用低噪声设备,通过建筑墙体隔声及距离衰减后,运行期间厂界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放

标准》（GB12348-2008）2类标准要求。

五、固体废物影响分析

①本项目 DSA 采用数字成像，不打印胶片，因此不会有废胶片产生。

②手术时产生一定量的医用器具和药棉、纱布、手套、废造影剂、废造影剂瓶等医用辅料及手术垃圾，手术量约每年 700 台，按每台手术产生约 2kg 的医疗废物，每年固体废物产生量约为 1.4t。这些医疗废物应严格按国家《医疗废物管理条例》的要求分类暂存于医疗废物暂存间，统一收集后交由有资质的单位处置。本项目废水处理依托医院污水处理站，医院污水处理站污泥经消毒后与其他医疗废物一同委托有资质单位处置。

③工作人员产生的生活垃圾和办公垃圾不属于医疗废物，医院拟按照当地管理部门要求，由市政环卫部门收集清运处置。

项目产生固废均得到合理处置，不会对周围环境产生明显影响。

环境影响风险分析

一、环境风险评价的目的

环境风险评价的目的是分析和预测建设项目存在的潜在危害和有害因素，以及项目在建设、运营期间可能发生的事故（一般不包括自然灾害与人为破坏），引起有毒、有害（本项目为电离辐射）物质泄漏，所造成的环境影响程度和人身安全损害程度，并提出合理可行的防范、应急与减缓措施，以使项目事故发生率、损失和环境影响达到可以接受的水平。

二、风险识别

本项目使用的 DSA 属于II类射线装置，属中危险射线装置，事故时可使受照人员产生较严重的放射损伤，大剂量照射甚至可导致死亡。DSA 不运行时不可能发生放射性事故，也不存在影响辐射环境质量的事故，只有当机器运行期间才会产生 X 射线等危害因素，而且最大可能的事故主要有两种：

①装置在运行时，介入手术人员在未采取任何防护的情况下位于非主射方向进行介入手术操作；②由于安全联锁系统失效，手术过程中，公众人员误入或滞留在机房内而造成非主射方向的误照射。

三、源项分析及事故等级分析

本项目医用 X 射线装置主要的环境风险因子为工作时产生的 X 射线。按照国务院 449 号令《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十条根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，射线装置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。关于事故的分级原则现将项目的风险物质、风险因子、潜在危害及可能发生的事故等级列于表 11-11 中。

表 11-11 项目的环境风险物质、因子、潜在危害及事故等级表

事故等级	潜在危害
特别重大辐射事故	X 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	X 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	X 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	X 射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

根据《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104 -2017），急性放射病的发生率以及急性放射病的死亡率与辐射剂量的关系见下表 11-12：

表 11-12 放射病初期临床反应及受照剂量范围参考值

名称	诊断	分度	初期表现	受照射剂量范围参考值
骨髓型急性放射病	一次或短时间（数日）内分次受到总剂量为 1Gy~10Gy 的全身均匀或比较均匀的电离辐射照射。	轻度	乏力、不适、食欲减退	1.0Gy~2.0Gy
		中度	头昏、乏力、食欲减退、恶心，1h~2h 后呕吐、白细胞数短暂上升后下降	2.0Gy~4.0Gy
		重度	1h 后多次呕吐，可有腹泻，腮腺肿大，白细胞数明显下降	4.0Gy~6.0Gy
		极重度	1h 内多次呕吐和腹泻、休克、腮腺肿大，白细胞数急剧下降	6.0Gy~ 10.0Gy
肠型急性放射病	一次或短时间（数日）内分次接受总剂量为 1Gy~50Gy 的全身均匀或比较均匀的电离辐射照射。	轻度	受照射后 1h 内出现严重恶心、呕吐；1d~3d 内出现腹泻稀便、血水便；经 3d~6d，假愈期后上述症状加重为极期开始，可伴有水样便或血水便，发热。	10Gy~20Gy
		重度	受照射后 1d 内出现频繁呕吐，难以忍受的腹痛，严重血水便，脱水，全身衰竭，低	20Gy~50Gy

			体温。继之剧烈呕吐胆汁样或咖啡样物，严重者于第二周在血水便或便中混有脱落的肠黏膜组织，大便失禁，高热。	
脑型急性放射病	一次或短时间（数日）内分次接受 $>50\text{Gy}$ 的全身均匀或比较均匀的电离辐射照射。	/	病程为2d左右，受照射后出现站立不稳、步态蹒跚等共济失调现象，定向力和判断力障碍，肢体或眼震颤，强直抽搐，角弓反张等征象	$50\text{Gy} \sim 100\text{Gy}$
			受照射后意识丧失，瞳孔散大，大小便失禁，休克，昏迷，很快死亡，病程经过仅为数小时。	$>100\text{Gy}$

四、最大可能性事故分析

1、介入手术过程中，发生介入手术人员超剂量照射

（1）事故假设

①射线装置在运行时，辐射工作人员位于非主射方向，未采取任何防护的情况下与射线束最近距离0.5m进行介入手术操作；由于安全联锁系统失效，手术过程中，人员误入或滞留在机房内而造成非主射方向的误照射。

②射线装置在运行时，公众未采取任何防护的情况下，误入射线装置机房，位于射线装置非主射方向，与射线束最近距离1.5m。

（2）剂量估算

①介入手术人员在未采取任何防护的情况下位于非主射方向进行介入手术操作受到非主射方向的照射的事故后果计算结果如下表所示：

表 11-13 事故状态下非主射方向不同停留时间和距离职业人员受照剂量表

关注点与射线装置的距离（m）	时间（min）	散射所致剂量（mSv）	漏射所致剂量（mSv）	总剂量（mSv）
0.5	1	7.94E-02	6.67E-05	0.080
	5	3.97E-01	3.33E-04	0.398
1	1	1.99E-02	1.67E-05	0.020
	5	9.93E-02	8.33E-05	0.099

根据表 11-13 可知，随着不同位置和时间的推移，介入手术人员非主射方向上最大可能受照剂量为 **0.398mGy/次**，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标

准》（GB18871-2002）规定的职业人员 20mSv/a 的剂量限值，因此，介入手术人员位于非主射方向未穿防护服的情况下实施介入手术，未达到辐射事故等级。

②公众误入射线装置机房，未采取任何防护的情况下，受到非主射方向的照射的事故后果计算结果如下表所示：

表 11-14 事故状态下非主射方向不同停留时间和距离公众受照剂量表

关注点与射线装置的距离 (m)	时间 (s)	散射所致剂量 (mGy)	漏射所致剂量 (mGy)	总剂量 (mGy)
1.5	10	1.47E-03	1.23E-06	1.47E-03
	30	4.41E-03	3.70E-06	4.42E-03
	60	8.83E-03	7.41E-06	8.83E-03
2	10	8.28E-04	6.94E-07	8.28E-04
	30	2.48E-03	2.08E-06	2.48E-03
	60	4.97E-03	4.17E-06	4.97E-03

根据表 11-14 可知，随着不同位置和时间的推移，公众人员误入复合手术室，在距离射线装置 1.5m 受照 60s，非主射方向最大可能受照射剂量为 **8.83E-03mGy/次**，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的公众 1mSv/a 的剂量限值，因此，误入人员单次滞留在复合手术室内造成非主射方向的误射，未达到辐射事故等级。

综上所述，若本项目发生误照射，职业人员及公众受照剂量小，未超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的剂量限值。

本项目射线装置一旦发生辐射事故，应立即切断电源，停止射线装置出束；按照辐射事故应急响应程序上报单位领导，启动单位辐射事故应急预案；拨打属地生态环境部门、发证机关和公安部门值班电话报告事故情况；立即疏散辐射工作场所内及周边可能受辐射影响的所有人员；采用关闭通道和设置警戒线等措施对辐射工作场所进行管控，防止人员进入；保持通信畅通，准备好便携式辐射监测仪、个人剂量报警仪和铅衣、铅帽、铅眼镜等辐射防护用品，为配合相关部门开展应急处置做好准备。建设单位在管理中必须认真执行安全操作规程和各项规章制度，强化安全管理，杜绝误照射事故发生。

五、事故情况下的环境影响分析与防范应对措施

DSA 属于 II 类射线装置，为中危险射线装置，事故时可使受照人员产生较严

重的辐射照射损伤，但由于 DSA 的特殊性，事故时使受照人员受大剂量照射甚至导致死亡的几率很小。DSA 开机时，医生与病人同处一室，且距 X 射线机的管头组装体约 0.5m 左右，距病人很近，介入射线装置主要事故是因曝光时间较长，防护条件欠佳对医生和病人引起的超剂量照射。

（1）为了防止事故的发生，医院在辐射防护设施方面应做好以下工作：

- ①购置工作性能和防护条件均较好的介入诊疗设备；
- ②实施介入诊疗的质量保证；
- ③做好医生的个人防护；
- ④做好病人非投照部位的防护工作；

⑤按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，当发生辐射事故时，工作人员应立即切断电源，将病人撤出机房，关闭机房门，及时向医院主管领导和当地生态环境主管部门报告。

（2）对于上述可能发生的各种事故，医院方面除在硬件上配齐、完善各种防范措施外，在软件设施上也注意了建设、补充和完善，使之在安全工作中发挥约束和规范作用，其主要内容有：

- ①建立健全全院辐射安全管理领导小组，组织管理医院的安全工作。
- ②加强人员的辐射安全专业知识的学习，考试（核）合格、持证上岗。
- ③完善岗位的安全操作规程和安全规章制度，注意检查考核，认真贯彻实施。
- ④医院每年进行 1 次演练，并做好演练记录，通过演练提升相关人员的辐射应急处置能力，本项目建成后，医院后期应将本项目的辐射事故纳入应急演练中，以加强不同类型的辐射事故（事件）应急处理经验。
- ⑤定期修订完善全院事故应急处理预案、完善组织、落实经费、准备物资、加强演练、时刻准备应对可能发生的各种事故和突发事件。
- ⑥定期对辐射安全和防护措施、设施的安全防护效果进行检测或检查，发现安全隐患立即整改。

以上各种事故的防范与对策措施，可减少或避免辐射事故的发生率，从而保证项目正常运营，也保障工作人员、公众的健康与安全。

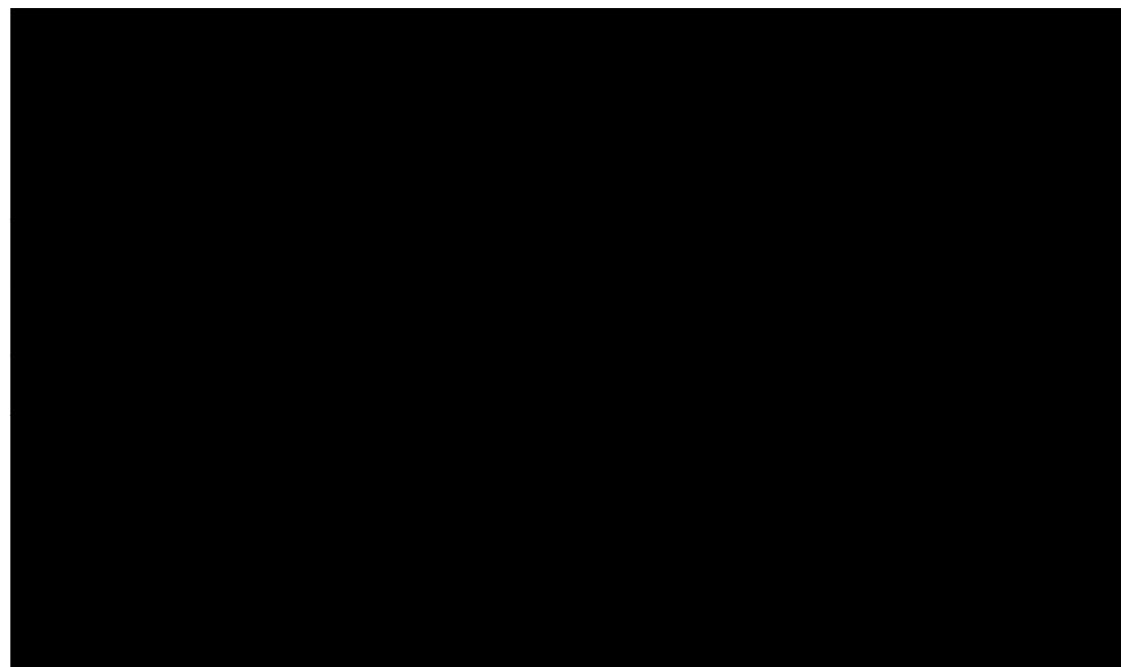
表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理

一、辐射安全与环境保护管理机构管理

绵阳市中心医院已经成立辐射安全管理委员会，根据绵阳市中心医院文件《关于调整放射防护与辐射安全管理领导小组的通知》(绵阳中心医院[2025]161号)：

1、辐射安全管理委员会



2、辐射安全管理委员会职责

①依照《中华人民共和国职业病防治法》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《医疗机构管理条例》《放射诊疗管理规定》《中华人民共和国环境影响评价法》《职业健康检查管理办法》《工作场所职业卫生管理规定》等法律法规，组织领导医院放射与辐射安全管理工作的实施。

②负责对放射诊疗项目、放射诊疗场所的选址、建设项目等进行审定。

③组织开展对不良放射事件的认定及处置工作。

④召开会议，分析、讨论并处理放射防护、辐射安全管理工作中的问题。

⑤对放射防护与辐射安全防护管理工作进行考核，负责组织对放射个案事件调查、处理等。

3、需要完善的相关内容

根据医院辐射（放射）安全与防护管理委员会机构文件，医院还需在以下几个方面对文件进行完善：

①补充明确发生辐射安全事故后，应按照程序及时向生态环境主管部门、当地派出所和卫生行政主管部门报告；

②定期修订、检查辐射安全管理领导小组机构成员名单，确保领导小组的实效性；

③组织本单位辐射（放射）诊疗工作人员接受专业技术、放射防护知识及有关规定的培训；

④定期维护检查辐射工作场所安全设施设备，确保实时有效；

⑤负责组织本单位辐射（放射）人员开展一年一次的体检。

二、辐射工作岗位人员配置和能力分析

1、辐射工作岗位人员配置和能力现状分析

①本项目拟配置 16 名辐射工作人员，其中 5 名主刀医生，5 名助手医生、5 名护士，1 名技师，均为原有辐射工作人员，且通过培训考核后上岗。

②医院现有II射线装置、核医学科和 7 名III类射线辐射工作人员，在国家核技术利用辐射安全与防护学习平台学习了辐射安全与防护知识培训合格后上岗，其余III类射线装置人员经医院自主培训合格之后上岗。

医院已取得辐射安全培训合格证的，合格证到期前，需进行再次考核，辐射安全与防护培训成绩单和自主考核成绩记录有效期均为五年。

三、辐射安全档案资料管理和规章制度

1、档案管理分类

医院对相关资料进行了分类归档放置，包括以下十大类：“制度文件”、“项目环保手续履行资料”、“许可证执行资料”、“射线装置台账”、“监测和检查记录”、“个人剂量档案”、“培训档案”、“辐射事故应急管理资料”、“废物处置记录”、“年度评估报告”，存放在设备科办公室。

2、辐射安全管理规章制度及落实情况

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（生态环境部令第 20 号）“第十六条”、《核技术利用监督检查技术程序》生态环境部（国家核安

全局) (2020 年发布版) 及《关于印发<四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲(2016)>的通知》(川环办发[2016]1400 号) 的相关要求中的相关规定, 将建设单位现有的规章制度落实情况进行对比说明, 具体见表 12-1:

表 12-1 项目单位辐射安全管理制度制定要求

序号	制度名称	备注	
1	辐射安全管理规定	/	医院已制定有辐射安全管理规定
2	辐射工作人员个人剂量管理制度	需完善	应增加“个人剂量档案终生保存”, 明确介入工作人员个人剂量计佩戴位置
3	辐射工作设备操作规程	需完善	需将 DSA 的操作规程上墙张贴, 明确辐射工作人员的资质条件要求、装置操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施。重点是明确操作步骤、出束过程中必须采取的辐射安全措施
4	辐射工作人员岗位职责	需完善	应明确管理人员、辐射工作人员、维修人员的岗位职责
5	监测仪表使用与校验管理制度	需完善	增加本次项目后期新增的个人剂量报警仪、便携式 X-γ 辐射监测仪
6	射线装置台账管理制度	需完善	应增加“新增射线装置和报废射线装置的台账模板”
7	分区管理制度	需完善	依照“两区”区域完善此次设备控制区和监督区分区管理制度
8	质量保证大纲和质量控制检测计划	需完善	补充至少有一名医用物理人员负责质量保证与质量控制检测工作
9	辐射安全防护设施维护维修制度	需完善	明确射线装置维护频率等
10	辐射工作人员培训制度	需完善	应明确“所有从事放射诊疗类的工作人员和管理人员, 自觉进行辐射安全与防护专业知识的学习。考核合格证明超过 5 年的辐射工作人员, 需再进行学习和考核”的相关内容
11	辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	需完善	完善本项目改建后场所的监测因子、监测内容、监测频次及布点方案, 参考本章辐射监测方案
12	辐射事故预防措施及应急处理预案	需完善	预案中完善上报程序及联系方式

根据原四川省环境保护厅关于印发《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲(2016)》(川环函[2016]1400 号) 的要求, 《辐射工作场所安全管理要求》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射工作设备操作规程》和《辐射事故应急响应程序》应悬挂于辐射工作场所。医院对于各项制度在日常工作中要加强检查督促, 认真组织实施。上墙制度的内容应体现现场操作性和实用性, 字体醒目, 尺寸大小应不小于 400mm×600mm。

医院应根据规章制度内容认真组织实施，并且应根据国家发布新的相关法规内容，结合医院实际及时对各项规章制度补充修改，使之更能符合实际需要。

四、辐射安全许可证发放条件对照分析

结合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（生态环境部令第 20 号，2021 年修订），将本项目采取的辐射安全防护措施列于表 12-2。

表 12-2 《辐射安全许可证》发放条件与本项目评价结果

序号	文件要求	项目实际情况	评价结果
1	设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作	医院已设立专门的辐射安全与环境保护管理机构，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	满足要求
2	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	此次的 16 名辐射工作人员均已通过医院自主培训考核，根据需求后续进行辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核后上岗	满足要求
3	射线装置使用场所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施	医院需配置电离辐射警告标志和工作状态指示灯等	配置后满足要求
4	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、辐射测量仪器等	医院需配备个人剂量报警仪、铅橡胶帽子、铅衣等	配备后满足要求
5	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、人员培训计划、监测方案	医院需按照要求完善各项规章制度	完善后满足要求
6	有完善的辐射事故应急措施	医院已制定有应急响应程序，需补充本项目辐射事故应急措施	补充后满足要求
7	产生放射性废气、废液、固体废物的，还应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案	/	/
8	使用射线装置开展诊断和治疗的单位，还应当配备质量控制检测设备，制定相应的质量保证大纲和质量控制检测计划，至少有 1 名医用物理人员负责质量保证与质量控制检测工作	医院已制定《放射诊疗质量控制制度》，需配备 1 名医用物理人员负责质量保证与质量控制检测工作	配置后满足要求

建设单位完成上述内容后，具备《放射性同位素与射线装置安全许可管理办

法》中关于使用II类射线装置的许可条件。建设单位在具备《辐射安全许可证》申领条件后，及时到四川省生态环境厅申请办理相关业务。

五、辐射监测

1、工作场所监测

年度监测：医院每年应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；年度监测报告应作为《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》的重要组成内容一并提交给发证机关。

自主验收监测：医院在取得《辐射安全许可证》后三个月内，应委托有资质的单位开展1次辐射工作场所验收监测，编制自主验收监测（调查）报告。

日常自我监测：定期自行开展辐射监测（也可委托有资质的单位进行监测），制定各工作场所的定期监测制度，监测数据应存档备案。

2、监测内容和要求

(1) 监测内容：X- γ 空气吸收剂量率。

(2) 监测布点及数据管理：本项目监测布点应参考环评提出的监测计划（表12-3）或验收监测布点方案。监测数据应记录完善，并将数据实时汇总，建立好监测数据台账以便核查。

表 12-3 工作场所监测计划建议

设备名称	监测项目	监测类别及周期	监测点位
DSA	X- γ 空气吸收剂量率	验收监测 1 次	铅窗，操作位，防护门及门缝、管线穿墙孔洞、机房四周、正上方一楼（库房、污废暂存间、走道、抢救室、感染诊断间）。
		委托有资质的单位进行监测，频率为1次/年	
		自行开展辐射监测，建议监测周期为1次/月	

- (3) 监测范围：控制区和监督区域及周围环境
- (4) 监测质量保证
- ①落实监测仪表使用、校验管理制度，并利用监测单位的监测数据与医院监测仪器的监测数据进行比对，建立监测仪器比对档案；或委托有资质的单位对监测仪器进行检定/校核；
 - ②采用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；
 - ③完善辐射工作场所环境监测管理制度。

此外，医院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。

3、个人剂量检测

个人剂量监测主要是利用个人剂量计进行外照射个人累积剂量监测，每名辐射工作人员需佩戴个人剂量计，监测周期为1次/季。

医院须严格按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）的要求配发个人剂量计，要求辐射工作人员正确佩戴个人剂量计（复合手术室内辐射工作人员佩戴双剂量计，铅衣内外各1个），每季度由专人负责回收后交由有资质的检测单位进行检测，按照要求建立个人剂量档案，并将个人剂量档案终生保存。对于每季度检测数值超过1.25mSv的，医院要及时进行干预，查明原因，撰写调查报告并由当事人在调查报告上签字确认，采取防护措施减少或者避免过量照射；若全年个人剂量检测数值超过5mSv，医院应当立即暂停该辐射工作人员继续从事放射诊疗作业，同时进行原因调查，撰写正式调查报告，经本人签字确认后通过年度评估报告上报发证机关；当单次个人累积剂量检测数值超过20mSv，应立即开展调查并报告辐射安全许可证发证机关，启动辐射事故应急处置程序。个人剂量检测报告及有关调查报告均应存档备查。

五、年度监测报告情况

医院应于每年1月31日前向发证机关提交上年度的《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》，近一年（四个季度）个人剂量检测报告和辐射工作场所年度监测报告应作为《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》的重要组成内容一并提交给发证机关。医院应按照《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》（川环函[2016]1400号）规定的格式编写《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》。医院必须在“全国核技术利用辐射安全申报系统”（网址 <http://rr.mee.gov.cn/>）中实施申报登记。延续、变更许可证，新增或注销射线装置以及单位信息变更、个人剂量、年度评估报告等信息均应及时在系统中申报。

六、辐射事故应急

1、事故应急预案

为了应对辐射事故和突发事件，医院制订了辐射事故应急预案。

(1) 医院现有辐射事故应急预案内容

医院现有辐射事故应急预案内容包括：应急机构人员组成，辐射事故现场应急处理程序，辐射事故分级与应急响应措施，辐射事故调查、报告和处理程序，培训演练，预案管理。

(2) 本项目辐射事故应急预案可行性分析

医院现有辐射事故应急预案内容包括了应急组织体系和职责、应急处理程序、上报电话等，仍需补充完善以下内容：

- ①增加环境风险因子、潜在危害、事故等级等内容。
- ②辐射事故风险评估和辐射事故应急预案，应报送所在地县级地方人民政府环境保护主管部门备案。
- ③在预案的实施中，应根据国家发布新的相关法规内容，结合医院实际及时对预案作补充修改，使之更能符合实际需要。

2、应急措施

若本项目发生了辐射事故，项目单位应迅速、有效的采取以下应急措施：

- (1) 发现误照射事故时，工作人员应立即切断电源，将病人撤出机房，关闭机房门，同时向医院主管领导报告。
- (2) 医院根据估算的超剂量值，尽快安排误照人员进行检查或在指定的医疗机构救治；对可能受放射损伤的人员，应立即采取暂时隔离和应急救援措施。
- (3) 事故发生后的 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向生态环境主管部门公安部门报告。造成或可能造成超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。
- (4) 最后查清事故原因，分清责任，消除事故隐患。

表 13 结论与建议

结论

一、项目概况

项目名称：绵阳市中心医院新增数字减影血管造影装置项目

建设单位：绵阳市中心医院

建设性质：改建

建设地点：四川省绵阳市涪城区常家巷 12 号绵阳市中心医院第一住院大楼 -1 层复合手术室

本次具体建设内容及规模为：医院拟在第一住院大楼-1 层普通药品库改建为一间符合手术室及其配套用房，拟新增 1 台 DSA（型号：飞利浦 Azurion7 M20）在复合手术室内使用。复合手术室内使用的最大管电压为 125kV、最大管电流为 1000mA，属于II类射线装置，年最大曝光时间为 149.03h（透视 146.67h，拍片 2.36h），主要用于介入检查和血管造影等。

二、本项目产业政策符合性分析

根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目使用数字减影血管造影装置（DSA）为医院医疗基础建设内容，属该指导目录中第三十七项“卫生健康”中第 1 款“医疗卫生服务设施建设”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

三、本项目选址合理性分析

医院拟在第一住院大楼-1 层复合手术室内新增一台 DSA，项目用地属于医疗卫生用地，项目运营对环境基本无影响，项目选址合理。

四、工程所在地区环境质量现状

根据四川鸿源环境检测技术咨询有限公司的监测报告，项目所在地的 X- γ 辐射空气吸收剂量率背景值属于绵阳市正常天然本底涨落范围。

五、环境影响评价分析结论

（一）施工期环境影响分析

医院强化施工期环境管理，严格落实施工期各项环保措施，采取有效措施，尽可能减缓施工期对环境产生的影响。

（二）营运期环境影响分析

本项目投入运营后，本项目手术主刀医生最大年受照射剂量为 3.48mSv/a，助手医生最大年受照射剂量为 4.28mSv/a，单名护士最大年受照射剂量为 3.58mSv/a，控制位技师最大年受照射剂量为 1.60E-04mSv/a，本项目周围公众年最大受照射剂量为 4.48E-03mSv/a，均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871 -2002）规定的职业人员 20mSv/a 和公众 1mSv/a 剂量限值，也均低于职业人员 5mSv/a，公众 0.1mSv/a 的管理约束值。

本项目 DSA 投入运营后，本项目产生的 X 射线经墙体、门窗屏蔽、距离衰减后，对机房外保护目标影响更小。

六、事故风险与防范

医院制定的辐射事故应急预案和安全规章制度经补充和完善后可行，应认真贯彻实施，以减少和避免发生辐射事故与突发事件。

七、环保设施与保护目标

医院落实本报告表提出的环保措施后，可使本次环评中确定的所有保护目标，所受的辐射剂量，保持在合理的、可达到的尽可能低的水平。

八、医院辐射安全管理的综合能力

经过医院的不断完善，医院安全管理机构健全，有领导分管，人员落实，责任明确，医技人员配置合理，考试（核）合格，持证上岗，有应急预案与安全规章制度；环保设施总体效能良好，可满足防护实际需要。

九、项目环保可行性结论

在坚持“三同时”的原则，采取切实可行的环保措施，落实本报告提出的各项污染防治措施，本评价认为在绵阳市中心医院第一住院大楼-1 层复合手术室建设本项目，从环境保护和辐射防护角度看项目建设是可行的。

建议和承诺

一、要求

- 1、落实本报告中的各项辐射防护措施和安全管理制度。
- 2、建设单位须重视控制区和监督区的管理。
- 3、医院应严格执行辐射工作人员学习考核制度，组织辐射工作人员、相关管理人员到生态环境部网上学习考核平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）中进行辐射安全与防护专业知识的学习，考核通过后方能继续上岗。
- 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日前在核安全申报系统中进行报送，报送内容包括：①辐射安全和防护设施的运行与维护情况；②辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况；③辐射工作人员变动及接受辐射安全和防护知识教育学习考核情况；④场所辐射环境监测报告和个人剂量监测情况监测数据；⑤辐射事故及应急响应情况；⑥核技术利用项目新建、改建、扩建和退役情况；⑦存在的安全隐患及其整改情况；⑧其他有关法律、法规规定的落实情况。
- 5、按照《四川省辐射污染防治条例》，射线装置在报废处置时，使用单位应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化处理。

- 6、建设单位必须在全国核技术利用辐射安全申报系统中实施申报登记。申领、延续、更换《辐射安全许可证》、新增或注销射线装置以及单位信息变更、个人剂量、年度评估报告等信息均应及时在系统中申报。

二、项目竣工验收检查内容

根据《建设项目环境保护管理条例》，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。建设项目正式投产运行前，建设单位应组织专家完成自主环保验收。本工程竣工环境保护验收一览表见下表13-1：

表 13-1 项目环保竣工验收检查一览表

项目		设施
复合 手术 室	辐射 屏蔽 措施	<p>防护门 2 扇（均为 3mm 铅当量）</p> <p>铅玻璃观察窗 1 扇（3mm 铅当量）</p> <p>复合手术室西北侧、西侧依托原有 400mm 混凝土，东北、东侧、南侧新建为 370mm 实心砖墙+30mm 厚硫酸钡水泥砂浆</p>

	屋顶为 200mm 现浇混凝土楼板+32mm 厚硫酸钡板（新增）
安全装置	工作状态指示灯箱 1 套（在患者进出机房门、医护人员进出机房门上方各设一个，共计 2 个）
	电离辐射警告标志 1 套（在患者进出机房门、医护人员进出机房门各设一个，共计 2 个）
	复合手术室电动防护移门设置防夹装置（2 个）
	铅悬挂防护屏/铅防护吊帘 1 副（0.5mmPb）
	床侧防护帘/床侧防护屏 1 副（0.5mmPb）
	门灯联锁 1 套（患者、医护人员各设置 1 个，共计 2 个）
	紧急止动装置 1 套（操作台及床体上各 1 个）
监测仪器和个人防护用品	对讲装置 1 台
	个人剂量计 16 套
	个人剂量报警仪 3 台
	便携式辐射剂量监测仪 1 台
	辐射工作人员防护用品 3 套（配备 0.5mmPb 的铅衣、铅橡胶帽子、铅橡胶颈套、铅防护眼镜，0.025mmPb 介入防护手套）
其他	患者防护用品 2 套，成人、儿童各一套（配备不小于 0.5mmPb 的铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子）
	通排风系统，设置净化直彭式机房
验收时依据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第 449 号）、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》、《建设项目环境保护管理条例》、《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》等法律和标准，对照本项目环境影响报告表验收。	
1、根据《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日实施）文件第十七条规定：	
<p>（1）本项目配套建设的环境保护设施竣工后，及时办理《辐射安全许可证》，并在取得《辐射安全许可证》3 个月内完成本项目自主验收；</p> <p>（2）编制环境影响报告表的建设项目竣工后，建设单位应当按照国务院环境保护行政主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告。</p> <p>（3）建设单位在环境保护设施验收过程中，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。</p> <p>（4）除按照国家规定需要保密的情形外，建设单位应当依法向社会公开验</p>	

收报告。

2、根据环保部《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》(国环规环评(2017)4号)规定:

(1) 建设单位可登录生态环境部网站查询建设项目竣工环境保护验收相关技术规范(<http://kjs.mee.gov.cn/hjbhbz/bzwb/other>)。

(2) 项目竣工后,建设单位应当如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况,编制验收监测(调查)报告。

(3) 本项目配套建设的环境保护设施经验收合格后,方可投入使用,未经验收或者验收不合格的,不得投入生产或者使用。

(4) 除按照国家需要保密的情形外,建设单位应当通过其网站或其他便于公众知晓的方式,向社会公开下列信息:①对项目配套建设的环境保护设施进行调试前,公开和项目竣工时间和调试的起止日期;②验收报告编制完成后5个工作日内,公开验收报告,公示的期限不得少于20个工作日。

(5) 建设单位公开上述信息的同时,应当在建设项目环境影响评价信息平台(<http://114.251.10.205/#/pub-message>)中备案,且向项目所在地生态环境主管部门报送相关信息,并接受监督检查。