编号：ZFHK-FB22220181

核技术利用建设项目

绵阳市中医医院
新增数字减影（DSA）血管造影装置建设项目
环境影响报告表

(送审稿)

绵阳市中医医院

2022 年 12 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

绵阳市中医医院
新增数字减影（DSA）血管造影装置建设项目
环境影响报告表

建设单位名称：绵阳市中医医院

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：绵阳市涪城区涪城路 14 号

邮政编码：621000　　联系人：严军

电子邮箱：517971068qq@.com　　联系电话：08162226220

目　录

表 1 项目基本情况.....1
表 2 放射源.....13
表 3 非密封放射性物质.....12
表 4 射线装置.....13
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....14
表 6 评价依据.....15
表 7 保护目标与评价标准.....17
表 8 环境质量和辐射现状.....20
表 9 项目工程分析与源项.....25
表 10 辐射安全与防护.....33
表 11 环境影响分析.....44
表 12 辐射安全管理.....66
表 13 结论与建议.....72
表 14 审批.....77

附图

附图 1 项目地理位置图

附图 2 项目周边环境关系示意图

附图 3 医院总平面图

附图 4 DSA 机房平面布局图

附图 5 门急诊综合楼顶层平面布置图（拟建 DSA 机房上层）

附图 6 门急诊综合楼 7 层平面布置图（拟建 DSA 机房下层）

附件

附件 1 委托书

附件 2 事业单位法人证书

附件 3 辐射安全许可证

附件 4 绵阳市中医医院现有和技术利用项目环评批复

附件 5 本底监测报告

附件 6 医院关于成立放射科辐射安全防护、诊疗领导小组的通知

附件 7 医院放射科放射事件应急处理预案

附件 8 医院现有辐射工作人员培训情况

附件 9 医院现有辐射工作人员职业健康检查报告

附件 10 医院现有辐射工作人员最近一年度的个人剂量监测报告

附件 11 技术参数说明

表 1 项目基本情况

<table>
<tr><td colspan="2">建设项目名称</td><td colspan="7">绵阳市中医医院新增数字减影（DSA）血管造影装置建设项目</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设单位</td><td colspan="7">绵阳市中医医院</td></tr>
<tr><td colspan="2">法人代表</td><td>赵平武</td><td>联系人</td><td>严军</td><td>联系电话</td><td colspan="3">08162226220</td></tr>
<tr><td colspan="2">注册地址</td><td colspan="7">绵阳市涪城区涪城路 14 号
(统一社会信用代码为12510600451209153M)</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目建设地点</td><td colspan="7">绵阳市涪城区涪城路 14 号绵阳市中医医院门急诊综合楼裙楼 8 层</td></tr>
<tr><td colspan="2">立项审批部门</td><td colspan="2">/</td><td>批准文号</td><td colspan="3">/</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设项目总投资（万元）</td><td>1800</td><td>项目环保投资（万元）</td><td>35</td><td>投资比例（环保投资/总投资）(%)</td><td colspan="2">1.9%</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目性质</td><td colspan="3">☐新建 ■改建 ☐扩建 ☐其它</td><td>占地面积（m^2）</td><td colspan="2">/</td></tr>
<tr><td rowspan="9">应用类型</td><td rowspan="2">放射源</td><td>☐销售</td><td colspan="6">☐Ⅰ类 ☐Ⅱ类 ☐Ⅲ类 ☐Ⅳ类 ☐Ⅴ类</td></tr>
<tr><td>☐使用</td><td colspan="6">☐Ⅰ类（医疗使用） ☐Ⅱ类 ☐Ⅲ类 ☐Ⅳ类 ☐Ⅴ类</td></tr>
<tr><td rowspan="3">非密封放射性物质</td><td>☐生产</td><td colspan="6">☐制备 PET 用放射性药物</td></tr>
<tr><td>☐销售</td><td colspan="6">/</td></tr>
<tr><td>☐使用</td><td colspan="6">☐乙 ☐丙</td></tr>
<tr><td rowspan="3">射线装置</td><td>☐生产</td><td colspan="6">☐Ⅱ类 ☐Ⅲ类</td></tr>
<tr><td>☐销售</td><td colspan="6">☐Ⅱ类 ☐Ⅲ类</td></tr>
<tr><td>■使用</td><td colspan="6">■Ⅱ类 ☐Ⅲ类</td></tr>
<tr><td>其他</td><td colspan="7">/</td></tr>
</table>

1.1 项目概述

1.1.1 建设单位概况

绵阳市中医医院（统一社会信用代码为 12510600451209153M）（以下简称“医院”）是国家三级甲等中医综合医院，位于绵阳市涪城区涪城路 14 号，成立于 1984 年，医院开放床位 1078 张，开设临床医技科室及专病专科 50 余个。其中重点学科 1 个，国家、省、市级重点专科（含建设单位）22 个。康复科是四川省中医药重点学科；脾胃病科是国家临床重点专科和国家中医药管理局重点专科，针灸科、眼科是国家中医药管理局重点专科（含建设单位），肺病科、心血管病科、骨伤科、老年病科、内分泌科、康复科是省级重点专科（含建设单位），儿科、肛肠科、泌尿外科、普外科、放射科、脑病科、肿瘤血液病科、妇科、肾病科、乳腺病科、耳鼻咽喉科、中医护理、口腔科是市级重点

专科。

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[00427]（见附件 3）；发证日期：2020 年 1 月 22 日，有效期至：2023 年 11 月 28 日；许可的种类和范围：使用 II、Ⅲ类射线装置。

1.1.2 项目由来

近年来，随着医疗服务对象的扩大及人民群众对医疗服务质量要求的提高，为促进拓展医院医疗诊疗项目，进一步增强医院的收治能力、利用先进医疗设备提高介入诊疗水平，更好地满足绵阳市及周边患者的诊疗需要，医院拟将门急诊综合楼裙楼 8 层 1 间预留机房改造为数字减影（DSA）血管造影装置机房（简称“DSA 机房”）及配套功能用房，并新增一台**双管头 DSA**，型号未定，最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA。

对照《关于发布〈射线装置分类〉的公告》（原环境保护部 国家卫生和计划生育委员会 公告 2017 年第 66 号），本项目拟使用的数字减影（DSA）血管造影装置用 X 射线装置，为Ⅱ类射线装置。

为加强射线装置的辐射环境管理，防止放射性污染和意外事故的发生，确保射线装置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》和《中华人民共和国环境影响评价法》等相关法律法规要求，本项目应进行环境影响评价。

对照《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，本项目属于“五十五、核与辐射”中“172、核技术利用建设项目—使用Ⅱ类射线装置”，环评类别为环境影响报告表。为此，绵阳市中医医院委托中辐环境科技有限公司开展“绵阳市中医医院新增数字减影（DSA）血管造影装置建设项目（以下简称‘本项目’）”的环境影响评价工作（见附件 1）。

在接受委托后，评价单位组织相关技术人员进行了现场勘察、收集资料和委托辐射环境质量现状监测等工作，并结合项目特点，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》（HJ10.1-2016）等规定编制了本环评报告表，供生态环境部门审查。

1.2 项目概况

1.2.1 项目名称、性质、建设地点

（1）项目名称：绵阳市中医医院新增数字减影（DSA）血管造影装置建设项目；

（2）建设单位：绵阳市中医医院；

（3）建设性质：改建；

（4）建设地点：绵阳市涪城区涪城路 14 号，绵阳市中医医院门急诊综合楼裙楼 8 层。

1.2.2 项目建设内容与建设规模

医院拟将绵阳市涪城区涪城路 14 号门急诊综合楼裙楼 8 层 1 间预留机房改造为 DSA 机房及配套功能用房，门急诊综合楼主楼地上 20 层，地下 2 层；门急诊综合楼裙楼地上 8 层，西侧裙楼 5 层，地下 2 层，楼顶为可上人天台。经与医院核实，本项目拟新购的 DSA 型号未定，该设备为双管头 X 射线机，垂直球管主射线方向由下向上照射，水平球管主射线方向水平四周照射，减影及透视模式下两个球管可以同时出束，最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA，属于Ⅱ类射线装置。

DSA 机房有效使用面积为 54.75m^2（7.5m×7.3m），配套功能用房为 1 间控制室有效使用面积 7.8m^2），1 间设备间（有效使用面积 5.6m^2）。

DSA 机房四侧墙体依托原有龙骨钢架+2mm 铅板，在此基础上新增 1mm 铅板作为屏蔽材料；顶棚依托原有 18cm 钢筋混凝土，再新增 1mm 铅板作为屏蔽材料；地坪依托原有 18cm 钢筋混凝土，再新增 10mm 防护涂料作为屏蔽材料。新增防护门（2 套），为 4.0mmPb 防护门；新增门上观察窗（1 套），为 4.0mmPb 铅玻璃。DSA 机房墙体防护设置如表 1-1 所示。

表 1-1　DSA 机房屏蔽防护措施表

机房	屏蔽			折合铅当量
	屏蔽体	利旧	改建后	
DSA 机房	四侧墙体	龙骨钢架+2mm 铅板	龙骨钢架+3mm 铅板	3mmPb
	顶棚	18cm 钢筋混凝土	18cm 钢筋混凝土 +1mm 铅板	3.3mmPb
	地坪	18cm 钢筋混凝土	18cm 钢筋混凝土 +1mm 铅板	3.5mmPb
	门上观察窗	/	4mmPb 铅玻璃	4mmPb
	防护门	内衬 2mm 铅板	内衬 4mm 铅板	4mmPb

1.2.3 项目组成及主要环境问题

本项目组成及主要环境问题见表 1-2。

表 1-2 本项目组成及主要环境问题分析表

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	医院拟将绵阳市涪城区涪城路 14 号门急诊综合楼裙楼 8	施工中产生	X射线、

工程	层 1 间预留机房改造为 DSA 机房及配套功能用房。门急诊综合楼主楼地上 20 层，地下 2 层；门急诊综合楼裙楼地上 8 层，西侧裙楼 5 层，地下 2 层。 拟建 DSA 机房有效使用面积约 54.75m^2（7.3m×7.5m）。采取的防护措施有：四侧墙体依托原有龙骨钢架+2mm 铅板，在此基础上新增 1mm 铅板作为屏蔽材料；顶棚依托原有 18cm 钢筋混凝土，再新增 1mm 铅板作为屏蔽材料；地坪依托原有 18cm 钢筋混凝土，再新增 10mm 防护涂料作为屏蔽材料。新增防护门（2 套），为 4.0mmPb 防护门；新增门上观察窗（1 套），为 4.0mmPb 铅玻璃。 拟使用的 DSA 型号未定仅能确定设备为双管头 X 射线机，垂直球管主射线方向由下向上照射，水平球管主射线方向水平四周照射，其最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA，属于Ⅱ类射线装置。		的扬尘、建筑垃圾、噪声、废水、装修废气、装修垃圾、生活垃圾；射线装置安装调试阶段产生的包装废物、X 射线、少量臭氧、氮氧化物等污染物。	臭氧、氮氧化物、噪声、医疗废物、医疗废水
辅助工程	控制室 1 间，有效使用面积 7.8m^2；设备间 1 间，有效使用面积 5.6m^2；并设置有医护、患者及物流通道。			生活垃圾、生活废水
公用工程	给排水、供电和通讯系统依托医院现有基础设施。			/
办公及生活设施	依托医院现有办公及生活设施			/
环保工程	废水处理	依托医院门急诊综合楼污水处理站，该污水处理站设计处理能力为 400m^3/d。 本项目工作人员产生的生活废水和医疗废水经医院门急诊综合楼污水处理站经污水预处理池、一级强化处理+二氧化氯消毒后，达《医疗机构水污染物排放标准》（GB 18466-2005）中表 2 预处理标准限值后接入道路市政管网，最终经绵阳市塔子坝污水处理厂处理达标后排入涪江。		生活污水、医疗废水
	废气处理	DSA 机房拟采用动力排风系统进行通风，排风量约 1000m^3/h，通风换气次数 6 次/h，废气最终引至楼顶排放。		臭氧、氮氧化物
	固废处理	本项目介入手术产生的药棉、纱布、手套等医疗废物，采用专门的收集容器分类收集后，以不低于 1 次/天的频率转移至医院现有医疗废物暂存间；按照医疗废物执行转移联单制度，委托当地有医疗固废处置资质的单位处。 生活垃圾依托医院原有设施和集运流程，由医院分类收集，交当地环卫部门清运。		医疗固废、生活垃圾

1.2.4 主要原辅材料

本项目主要原辅材料及能耗情况见表1-3。

表1-3 主要原辅材料及能耗情况表

类别	名称	年最大消耗量	来源	用途	备注
主要原辅材料	造影剂*	300L	外购	显像增强	/
能源	电	2.5×10^{4}kW·h	城市电网	机房及辅助用房用电	/

水	用水	570m³	城市生活用水管网	生活用水、医疗用水	/
注：*造影剂主要成分为碘帕醇，是为增强影像观察效果而注入（或服用）到人体组织或器官的化学制品，具有粘稠度低、渗透压小、物化性质稳定和容易排泄等特点。医院按需定期对外采购造影剂，均为瓶装储存（20~50ml/瓶）。					

1.2.5 主要设备配置及主要技术参数

本项目射线装置主要技术参数见表1-4，拟运行工况见表1-5。

表 1-4 本项目射线装置主要技术参数

设备名称	型号	类别	数量	用途	主要技术参数	拟安装位置	备注
DSA	未定	Ⅱ类	1	影像诊断和介入治疗	最大管电压125kV，最大管电流1000mA	门急诊综合楼裙楼8层DSA机房	新增

表 1-5 DSA 拟运行工况

球管类型	摄影		透视	
	实际运行时管电压（kV）	实际运行时管电流（mA）	实际运行时管电压（kV）	实际运行时管电流（mA）
水平球管	80～100	200～500	70～90	6～15
垂直球管	80～100	200～500	70～90	6～15

1.2.6 定员及工作制度

（1）工作制度：根据医院提供的资料，本项目DSA机房每年最大手术台数为1200台，DSA拟使用情况见表1-6。

表 1-6 DSA 拟使用情况

科室	单台手术最长时间（h）	单台手术最长曝光时间（min）		年手术台数（台）	年出束时间（h）	
		减影	透视		减影	透视
神经内科	2	1	30	300	5.00	150.00
心内科	3	0.5	20	700	5.83	233.33
外周血管介入科	3	0.5	20	200	1.67	66.67
合计	/	/	/	1200	12.50	450

（2）人员配置：使用本项目DSA开展手术的科室有心内科、外周血管介入科、神经内科，工作人员共21人，其中拟配备医师12人，技师3人，护士6人。本项目21名辐射工作人员均为新增人员，由医院非辐射工作人员经培训后转岗或新聘。

表 1-7 本项目劳动定员

使用科室	医师（人）	技师（人）	护士（人）

神经内科	4*	3*	6*
心内科	6*		
外周血管介入科	2		
注：*表示相互轮班，手术时一般为 2 名医师+1 名技师+1 名护士一组。			

本项目辐射工作人员每天工作 8 小时，每年工作 250 天。医院定岗定责，本项目辐射工作人员仅从事本项目 DSA 辐射相关工作，不参与其他射线装置的操作使用，不存在辐射工作兼岗情况。本项目运行时，每个科室的手术医师只进行本科室的介入手术，技师负责在控制室内操作，不进入机房内，也不交叉操作其它 X 射线装置，护士主要负责手术前的准备工作、手术时的辅助工作和手术后的监护工作。各科室医师各司其职，不交叉操作。因此手术医师单人承担最大手术台数为 234 台，护士 200 台，技师 400 台。

今后，医院可根据开展项目的实际情况做适当调整。

根据《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），本项目新增辐射工作人员应在生态环境部辐射与防护培训平台参加相应类别的培训学习，并考核合格后方可上岗，并按时接受培训/再培训。

1.3 项目选址、外环境关系分析

1.3.1 项目外环境关系分析

（1）医院外环境关系

本项目位于绵阳市涪城区涪城路14号，医院东侧为涪城路（本项目机房实体边界距医院用地红线约15m，红线外为涪城路），隔路为商铺（距本项目机房实体边界最近距离约为60m）；南侧为成绵路（本项目机房实体边界距医院用地红线约40m，红线外为成绵路），隔路为商铺（距本项目机房实体边界最近距离约为60m）；西侧和北侧均为门诊综合楼主楼（距本项目机房实体边界最近距离约为15m）。医院地理位置见附图1，项目周边环境概况见附图2。

（2）项目外环境关系

本项目 DSA 机房位于门急诊综合楼裙楼 8 层。拟建 DSA 机房位置 50m 范围内分布主要有门急诊综合楼主楼（20F）及院外道路（涪城路和成绵路）。

东侧：涪城路，距本项目机房实体边界最近距离约为 15m；；

南侧：成绵路，距本项目机房实体边界最近距离约为 40m；；

西侧/北侧：门诊综合楼主楼，距本项目机房实体边界最近距离约为 15m；

医院总平面图见附图 3。

（3）项目机房周边环境关系

本项目 DSA 机房东侧约 0~2m 为污物通道，约 2~15m 为院内道路，约 15~40m 为涪城路，约 15~40m 为人行道；南侧约 0~2m 为污物通道，约 2~40m 为院内空地，约 40~50m 为成绵路；西侧约 0~10m 为本项目控制室、设备间及通道，约 10~15m 为过道及楼梯间，约 15~40m 为门诊综合楼主楼，40～50 为院内空地；北侧约 0~45m 为其他手术室及配套用房，约 45~50m 为门急诊综合楼主楼。DSA 机房平面布置见附图 4。

1.3.2项目选址合理性分析

本项目拟将院内门急诊综合楼裙楼8层1间预留机房改造为 DSA 机房及配套功能用房，并使用1台 DSA。门急诊综合楼主楼地上20层，地下2层，门急诊综合楼裙楼地上8层，西侧裙楼5层，地下2层。《绵阳市中医医院门急诊综合楼二期项目环境影响报告表》已于2013年3月14日取得绵阳市环境保护局批复，批复文号为：绵环审批[2013]52号。因此，本项目用地性质为医疗用地，符合绵阳市城市总体规划。医院周围为商住区，交通较为便捷，能为周围居民提供方便的就医设施。

本项目辐射工作场所边界外 50m 范围主要为医院建筑物和院外道路，无居民区、自然保护区、保护文物、风景名胜区、水源保护区等环境敏感点，项目运营过程产生的电离辐射，经采取满足标准要求的辐射防护及管理措施后对周围环境辐射影响是可接受的，因此本项目选址合理。

1.3.3 布局合理性分析

（1）DSA 机房东侧为污物通道，南侧为污物通道，西侧为控制室、设备间及洁净走廊，北侧为 5 号手术室，楼上为可上人天台、楼下为康复理疗室。

DSA 机房及其配套房间集中布置，相对独立且人流较少，设有专门的患者通道及污物通道，降低了公众受到照射的可能性，且周围无明显环境制约因素。

（2）DSA 机房设置医患通道和污物通道，相互不交叉，医患通道的宽度满足患者手推车辆的通行，方便治疗。

（3）本项目的建设不影响消防通道，且不占用消防设施等任何公共安全设施。

综上所述，本项目各组成部分功能区明确，既能有机联系，又不互相干扰，且避开了人流量较大的门诊区或其它人员集中活动区域，并同时兼顾了患者就诊的方便性，所以总平面布局是合理的。

1.3.4 与周边环境的兼容性分析

项目利用医院内现有完善的水资源供给系统，少量废水进入医院现有污水处理站污水预处理池、一级强化处理+二氧化氯消毒后达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表 2 预处理排放标准要求后，通过市政污水管网排入绵阳市塔子坝污水处理厂处理。本项目废水产生量较小，远低于医院现有污水处理站设计处理能力即 400m^3/d，不会对地表水与地下水环境产生明显影响。

本项目介入手术时产生的药棉、纱布、手套等医疗废物，采用专门的收集容器分类收集后，以每天最少 1 次的频率转移至医院现有的医疗废物暂存间，按照医疗废物执行转移联单制度，委托当地有医疗固废处置资质的单位处置；生活垃圾、办公垃圾由医院进行统一集中收集，并交由当地环卫部门清运。

因此本项目的建设不会对周边产生新的环境污染，项目与周边环境相容，符合环境保护要求。

1.3.5 实践正当性分析

本项目的建设可以更好地满足患者就诊需求，提高对疾病的诊治能力。核技术应用项目的开展，对保障人民群众身体健康、拯救生命起了十分重要的作用，因此，该项目的实践是必要的。

医院在放射诊断和介入治疗过程中，对射线装置的使用将按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，对射线装置的安全管理将建立相应的规章制度。因此，在正确使用和管理射线装置的情况下，可以将该项目辐射产生的影响降至尽可能小。本项目产生的辐射给职业人员、公众及社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术应用实践具有正当性，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中“实践的正当性”原则。

1.4 原有核技术利用项目许可情况

1.4.1 原有核技术利用项目许可情况

医院现持有四川省生态环境厅颁发的辐射安全许可证（见附件 3），证书编号：川环辐证[00427]；发证日期：2020 年 1 月 22 日，有效期至：2023 年 11 月 28 日；许可的种类和范围：使用 II 类、Ⅲ类射线装置。

1.4.2 原有核技术利用项目环保手续履行情况

医院原有核技术利用项目许可情况见表 1-8。

表 1-8 医院原有射线装置使用情况

序号	名称	型号	类别	工作场所	许可情况
1	全数字减影血管造影机（DSA）	Artis zee floor	II 类	介入室	川环审批[2012]267 号批复内容；已于 2013 年 2 月 4 日已通过四川省环境保护厅验收，川环核验[2013]10 号。
2	平板 X 数字摄影系统	DR3500	Ⅲ类	普放二机房	医院早期已填写环境影响备案表，并取得了辐射安全许可证，现因医院历史变迁原因遗失登记表手续
3	医用诊断 X 射线机	PLD7200	Ⅲ类	体检中心	
4	口腔数字化 X 光机	Planmeca Promax 3D MID	Ⅲ类	口腔 CT 机房：怀恩楼 4 楼	已许可，备案号为 201851070300002427
5	微焦点牙科 X 射线机	MSD-Ⅲ	Ⅲ类	口腔牙片机房	
6	全身用 X 线 CT 诊断装置	Optima CT660 5454001-41	Ⅲ类	CT 一机房	医院早期已填写环境影响备案表，并取得了辐射安全许可证，现因医院历史变迁原因遗失登记表手续
7	数字化 X 射线系统 (数字化多功能平板 DR)	DTP570	Ⅲ类	普放一机房	已许可，备案号为 201851070300002427
8	X 射线计算机体层摄影设备（CT）	uCT 510	Ⅲ类	CT 二机房	
9	移动式数字化医用 X 射线摄影系统	NeuVision 550M plus	Ⅲ类	普放一机房：怀恩楼 8 楼 ICU 使用	已许可，备案号为 202051070300001722
10	移动式 C 形臂 X 射线机	uMC560i	Ⅲ类	手术室 6	
11	移动式数字化医用 X 射线摄影系统	uDR 370i	Ⅲ类	普放一机房：住院部一楼	
12	乳腺 X 射线机	MAMMOMAT Inspiration	Ⅲ类	普放三机房：住院部一楼三机房	
13	双能 X 射线骨密度仪	EXA-3000	Ⅲ类	体检中心：体检中心骨密度检测室	已许可，备案号为 202051070300002378
14	X 射线计算机摄影系统	ANATOM 64 Clarity	Ⅲ类	CT 三机房	已许可，备案号为 202151070300000226

1.4.3 原有核技术利用项目运行情况、辐射防护和监测情况

医院已获许可使用的射线装置共 14 台，除全数字减影血管造影机（DSA）为 II 类射线装置外其余均为Ⅲ类射线装置。医院严格遵守《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关辐射防护法律、法规，配合各级

生态环境部门监督和指导，辐射防护设施运行、维护、检测工作良好，在辐射安全和防护制度的建立、落实以及档案管理等方面运行良好。

医院辐射工作场所设有电离辐射警告标志和工作状态指示灯，各机房通风良好，屏蔽防护措施满足要求；各机房设置铅玻璃观察窗，能清楚观察到机房内情况；控制室和机房之间设置对讲装置，方便医务人员和受检者沟通；各机房周围辐射水平符合相关标准规定的要求。由现场调查情况可知，医院已采取相应的辐射防护措施，本次环评认为医院辐射防护措施以及管理制度满足目前辐射防护要求。

另外，医院为受检者配备了相应的放射防护用品，如铅橡胶围裙、铅橡胶颈套等，医院现有射线装置已委托有资质的单位进行年度监测，并编制监测报告，现有射线装置未对放射性工作场所外周围环境造成放射性影响，机房周边辐射剂量率符合满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）标准的要求。

1.4.4 医院原有核技术利用项目管理情况

（1）辐射安全防护管理机构

根据相关法律、法规、规范的要求，医院已成立放射科辐射安全防护、诊疗领导小组，并明确了成员职责。

（2）辐射工作制度

医院已制定了《绵阳市中医医院辐射事故应急处理预案》、《绵阳市中医医院放射科射线防护安全管理制度》、《绵阳市中医医院辐射工作场所安全管理要求》、《射线装置台帐管理制度》、《绵阳市中医医院放射工作人员培训、体检及保健制度》、《绵阳市中医医院个人剂量监测制度》等综合规章管理制度。已有管理制度较健全，能够满足原有辐射防护管理需要。

（3）辐射安全与防护培训情况

医院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共 57 名，均参加了由原四川省环保厅或医院自主组织的辐射安全与防护培训，并取得了相应的证书或有效成绩。医院现有辐射工作人员培训情况见附件 8。

（4）个人剂量监测及职业健康体检情况

医院现有辐射工作人员共 90 人，均配备了个人剂量计，根据医院提供的连续 4 个季度（2021 年 10 月-2022 年 10 月）的辐射工作人员个人剂量监测报告，现有辐射工作人员年度的个人剂量监测结果满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》

（GB18871-2002）中职业人员年剂量限值的要求，同时满足低于工作人员剂量约束值5mSv/a 的要求。

医院已为辐射工作人员进行了上岗前和在岗期间的职业健康检查，检查报告均在有效期内，体检结果表明现有辐射工作人员可继续放射工作。

（5）辐射应急演练和年度评估

医院已制定《绵阳市中医医院辐射事故应急处理预案》，定期开展辐射事故应急演练，并对演练结果进行总结，并及时对辐射事故应急预案进行完善和修订。经与医院核实，自辐射活动开展以来，未发生过辐射事故。

医院执行有年度评估制度，编制有《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》，对现有放射源和射线装置辐射工作场所防护状况、人员培训及个人剂量、放射源和射线装置台账、辐射安全与防护制度执行情况等进行年度总结和评估，并于每年 1 月 31 日前提交至发证机关。

1.4.5 现有核技术利用存在的问题

医院早期已填写环境影响备案表，并取得了辐射安全许可证，现因医院历史变迁原因遗失登记表手续，医院应加强对档案的管理；医院应根据人员变动及场所变动情况对现有辐射安全管理制度及时进行修订。

1.5 环境影响评价报告信息公开

为进一步保障公众对环境保护的参与权、知情权和监督权，加强环境影响评价工作的公开、透明，方便公众和其他组织机构获取生态环境主管部门环境影响评价信息，加大环境影响评价公众参与公开力度，依据《建设项目环境影响评价政府信息公开指南》的规定，结合四川省生态环境厅要求，建设单位在向生态环境主管部门提交建设项目环境影响报告表前，应依法主动公开建设项目环境影响报告表全本信息。

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	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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	DSA	II	1	待定	125	1000	影像诊断与介入治疗	门急诊综合楼裙楼 8 层 DSA 机房	新增

（三）其他

序号	名称	型号	数量（台）	主要技术指标	用途	工作场所	备注
/	/	/	/	/	/	/	/

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	/	/	通过机房内动力通风系统由排风管道排至门急诊楼裙楼楼顶排放，臭氧 50 分钟后可自然分解为氧气。
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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/m^3；年排放总量用 kg。

2. 含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m^3）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

法规文件	（1）《中华人民共和国环境保护法》（中华人民共和国主席令第 9 号，2015 年 1 月 1 日起施行）； （2）《中华人民共和国环境影响评价法》（2002 年 10 月 28 日通过，中华人民共和国主席令第 77 号公布，自 2003 年 9 月 1 日起施行；2016 年 7 月 2 日第一次修正；2018 年 12 月 29 日第二次修正）； （3）《中华人民共和国放射性污染防治法》（中华人民共和国主席令第 6 号，2003 年 10 月 1 日起施行）； （4）《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日起施行）； （5）《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）； （6）《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2005 年 9 月 14 日经国务院令第 449 号公布，2014 年 7 月 29 日经国务院令第 653 号修改，2019 年 3 月 2 日经国务院令第 709 号修改）； （7）《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2006 年 1 月 18 日经国家环境保护总局令第 31 号公布，2008 年 12 月 6 日经环境保护部令第 3 号修改；2017 年 12 月 20 日经环境保护部令第 47 号修改，2019 年 8 月 22 日经生态环境部令第 7 号修改，2021 年 1 月 4 日经生态环境部令第 20 号修改）； （8）《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环发[2006]145 号，2006 年 9 月 26 日起施行）； （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，2011 年 5 月 1 日起施行）； （10）《关于发布<射线装置分类>的公告》（环境保护部 国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号），2017 年 12 月 5 日起施行； （11）《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》（中华人民共和国生态环境部公告，2019 年第 57 号）； （12）《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（中华人民共和国生态环境部公告，2021 年第 9 号）；

	（13）《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》（生态环境部令第 9 号，2019 年 11 月 1 日施行）； （14）《关于发布<建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法>配套文件的公告》（生态环境部公告 2019 年第 38 号，2019 年 10 月 24 日）； （15）《关于启用环境影响评价信用平台的公告》（生态环境部公告 2019 年第 39 号，2019 年 10 月 25 日）； （16）《四川省辐射污染防治条例》（四川省十二届人大常委会第 24 次会议通过，2016 年 6 月 1 日施行）。
技术标准	（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》（HJ10.1-2016）； （2）《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）； （3）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）； （4）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； （5）《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）； （6）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）； （7）《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ/T244-2017）。
其他	（1） 环境影响评价委托书； （2）《放射防护实用手册》（济南出版社，主编赵兰才、张丹枫）； （3）《辐射防护手册》（第三分册），李德平、潘自强主编； （4）《2020 年全国辐射环境质量报告》（2021 年 6 月）； （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)； （6） 医院提供的其它资料。

表 7 保护目标与评价标准

7.1评价范围

本项目为使用Ⅱ类射线装置，且项目场所均有实体边界，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）规定及本项目的实际情况，确定本次环境影响评价范围为DSA机房实体墙外50m区域，评价范围示意图见附图2。

7.2 保护目标

根据现场踏勘情况，本项目 DSA 机房边界外 50m 范围内有医院内部建筑、院外道路，无学校、自然保护区、保护文物、风景名胜区、水源保护区等环境敏感区。

本项目环境保护目标为 50m 评价范围内从事本项目辐射工作的职业人员及评价范围内活动的其他医患人员等公众。具体见表 7-1。

表 7-1 本项目环境保护目标一览表

环境保护目标		方位	与 DSA 机房边界的距离（m）		规模	受照类型	人员类别	年剂量约束值
			水平	垂直				
院内	DSA 机房内	内部	/	0	18 人次/天	X 射线	职业	5mSv
	控制室	西侧	紧邻	0	3 人次/天	X 射线	职业	
	污物走廊	东侧	紧邻	0	约 5 人次/天	X 射线	公众	0.1mSv
	污物走廊	南侧	紧邻	0	约 5 人次/天	X 射线	公众	
	设备间	西侧	紧邻	0	约 3 人次/天	X 射线	公众	
	走廊	西侧	紧邻	0	约 30 人次/天	X 射线	公众	
	5 号手术室	北侧	紧邻	0	约 5 人次/天	X 射线	公众	
	可上人天台	上方	0	+3	约 2 人次/天	X 射线	公众	
	康复训练室	下方	0	-3	约 20 人次/天	X 射线	公众	
	门急诊综合楼主楼	西侧	15~40	0	约 200 人次/天	X 射线	公众	
	门急诊综合楼主楼	北侧	45~50	0	约 200 人次/天	X 射线	公众	
50m 范围内其余公众		四周	0~50	0	约 400 人次/天	X 射线	公众	

7.3 评价标准

7.3.1 执行标准

1、环境质量标准

（1）地表水：执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅲ类标准。

（2）声环境：执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类标准。

（3）大气环境：执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及其修改单二类标准。

2、污染物排放标准

（1）废气：施工期执行《四川省施工场地扬尘排放标准》（DB512682-2020）表1要求；臭氧排放执行《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）中臭氧最高允许浓度0.3mg/m^3；氮氧化物执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中的二级标准。

（2）废水：医疗废水执行《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表2 中预处理标准。

（3）噪声：施工期执行《建筑施工场界环境噪声排放限值》（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。

（4）固体废物：执行《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）；如有危险废物产生，执行《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）及其修改单相关标准。

3、剂量约束

（1）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。本项目要求取上述标准中职业照射年有效剂量限值的1/4作为职业照射年剂量约束值，即不超过5mSv/a；四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量约束值为不超过125mSv。

（2）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。项目要求按上述标准中规定的公众照

射年有效剂量约束限值的1/10作为公众照射剂量约束值，即不超过0.1mSv/a。

4、剂量控制水平

放射工作场所边界周围剂量率控制水平参照《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 有关规定，本项目射线装置使用场所在距离机房屏蔽体外表面 30cm 外，周围辐射当量率应不大于 2.5μSv/h。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理位置和场所位置

本项目位于绵阳市涪城区涪城路 14 号绵阳市中医医院门急诊综合楼裙楼 8 层。医院拟将急诊综合楼 8 层 1 间预留机房改造为 DSA 机房及配套功能用房。拟新购 1 台 DSA 射线装置用于影像诊断和介入治疗。

本项目评价范围内为医院内部建筑物、居民区、院外道路，主要植被除人工种植的花草树木外，无农作物和野生动植物。本项目评价范围内未发现受保护的文物和古迹。为掌握项目所在地辐射水平，本次评价委托浙江建安检测研究院有限公司对本项目辐射工作场所及周围的辐射环境本底进行了监测，监测布点见图 8-1 和 8-2，监测结果见表 8-2，现场照片详见附图 7。

8.2 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

（1）监测目的

掌握本项目辐射工作场所的辐射环境本底水平，为本项目运行后对环境产生的辐射影响提供基础数据。

（2）环境现状评价对象：DSA 机房及周边环境。

（3）监测因子：γ辐射剂量率。

（4）监测点位

结合项目选址的建筑物主体已建成的实际情况及监测点的可到达性，拟建机房上方为可上人天台，下方为康复理疗室，因此在项目拟建场址内、拟建机房四周屏蔽体外及楼上楼下关注区域设监测点，充分考虑监测点位的代表性和可重复性。具体监测点位布置见图 8-1、8-2。

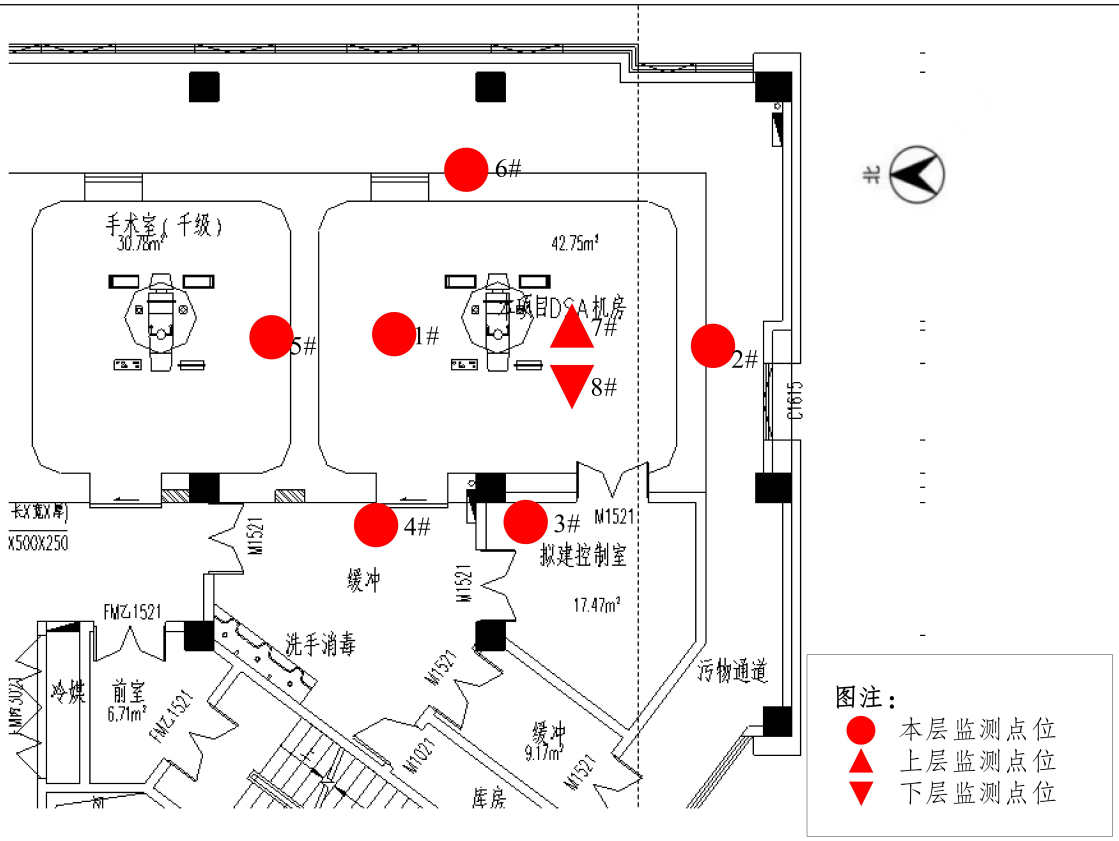

图 8-1 本项目监测点位示意图 1

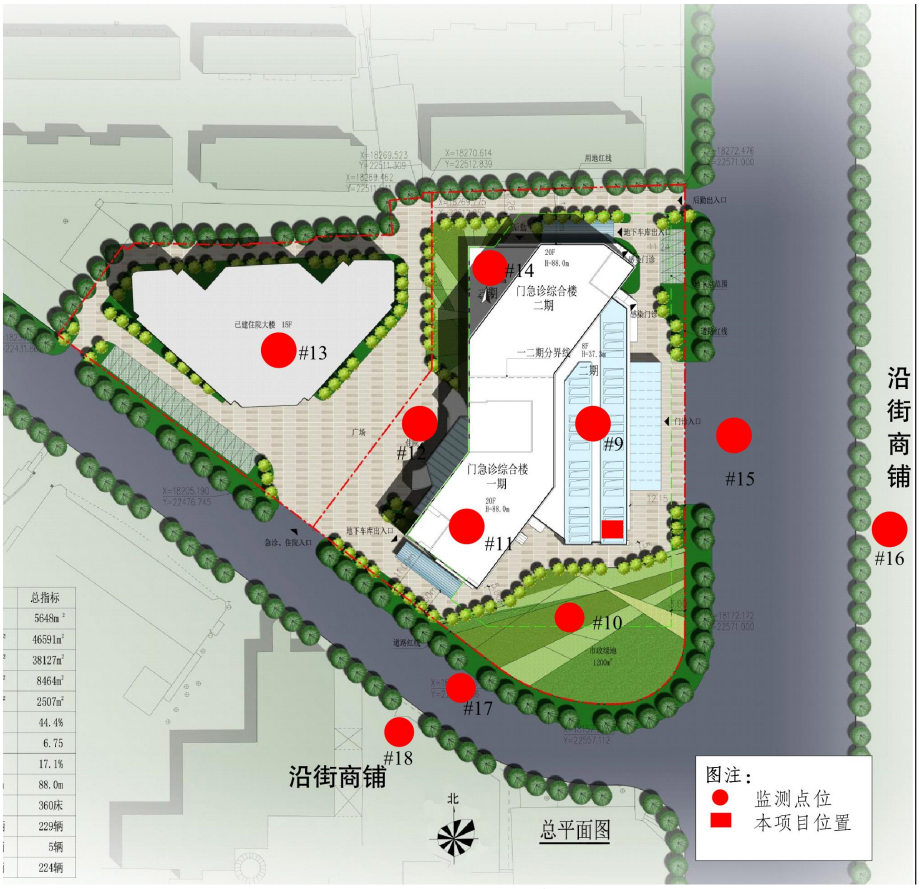

图 8-2 本项目监测点位示意图 2

8.3 监测方案、质量保证措施及监测结果

8.3.1 监测方案

（1）监测单位：浙江建安检测研究院有限公司

（2）监测日期：2022 年 12 月 18 日

（3）监测方式：现场监测

（4）监测依据：

《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）

（5）监测频次：依据标准予以确定。

（6）监测工况：辐射环境本底

（7）天气环境条件：

2022 年 12 月 18 日：晴；温度：21℃；相对湿度：54%；

（8）监测报告编号：GABG-HJ22380182

（9）监测设备

本项目监测设备参数见表 8-1。

表 8-1 监测设备参数表

仪器名称	环境监测 X-γ辐射空气吸收剂量率仪
仪器型号	6150AD6/H+6150AD-b/H
生产厂家	automess
仪器编号	05038417
能量范围	20keV～7MeV 的 X、γ射线
量　　程	10nSv/h～100μSv/h（模拟），1nSv/h～99.9μSv/h（数字）
检定单位	中国计量科学研究院
检定证书编号	DLj12022-06888
检定有效期	2022 年 07 月 18 日～2023 年 07 月 17 日

8.3.2 质量保证措施

（1）结合现场实际情况及监测点的可到达性，在项目拟建场址内和评价范围内工作人员活动区域、公众人员相对集中的区域及周边建筑布设监测点位，充分考虑监测点位的代表性和可重复性，以保证监测结果的科学性和可比性。

（2） 根据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）采用即时测量方法

进行测量。

（3）监测仪器每年定期经有资质的计量部门检定，检定合格后方可使用。

（4）每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。

（5）本次监测委托浙江建安检测研究院有限公司开展，该公司持有浙江省质量技术监督局认定的检验检测机构资质认定证书（证书编号：221112050970），监测实行全过程的质量控制，严格按照公司《质量手册》、《程序文件》及仪器作业指导书的有关规定执行，监测人员经考核合格并持有合格证书上岗。

（6）监测报告严格实行三级审核制度，经校核、审核，最后由技术总负责人审定。

8.3.3 监测结果

本项目辐射环境现状各监测点位的监测结果见表 8-2。

表 8-2 辐射环境现状监测布点及结果一览表

序号	监测点位	监测结果（nGyh）		备注
		平均值	标准差	
1	拟建 DSA 机房	58	2	室内
2	南侧污物通道	59	2	
3	拟建控制室	60	3	
4	西侧洁净走廊	60	2	
5	北侧 5 号手术室	60	3	
6	东侧污物通道	61	3	
7	DSA 机房上方天台	61	3	室外
8	DSA 机房下方治疗室	59	3	室内
9	门急诊楼群楼	64	4	
10	院区绿化带	60	4	室外
11	门急诊综合楼	60	3	室内
12	院内广场	57	4	室外
13	住院大楼	58	2	室内
14	西侧裙楼	57	5	
15	涪城路	63	6	室外
16	沿街商铺 1	56	4	
17	成绵路	55	4	
18	沿街商铺 2	55	4	

注：1、测量时探头距离地面约 1m；

2、每个监测点测量 10 个数据取平均值，以上监测结果均已扣除仪器对宇宙射线的响应值；

3、环境γ辐射空气吸收剂量率=读数平均值×校准因子 k_1×仪器检验源效率因子 k_2÷空气比释动能和周围剂量当量的换算系数-屏蔽修正因子 k_3×测量点宇宙射线响应值 Dc，校准因子 k_1 为 1.01，仪器使用 ^{137}Cs 进行校准，效率因子 k_2 取 1，换算系数为 1.20 Sv/Gy，k_3 楼房取 0.8、平房取 0.9、原野和道路取 1，仪器对宇宙射线的响应值为 27nGy/h。

8.4 环境现状评价

由上述监测结果可知，本项目 DSA 机房及周边室内 X-γ辐射剂量率范围为 57nGy/h~61nGy/h（已扣除仪器对宇宙射线的响应值 27nGy/h），因此，未扣除宇宙射线响应值时本项目 DSA 机房及周边室内 X-γ辐射剂量率范围为 84nGy/h~88nGy/h；室外 X-γ辐射剂量率范围为 55nGy/h~63nGy/h（已扣除仪器对宇宙射线的响应值 27nGy/h），因此，未扣除宇宙射线响应值时本项目 DSA 机房及周边室内 X-γ辐射剂量率范围为 82nGy/h~90nGy/h。由中华人民共和国生态环境部《2020 全国辐射环境质量报告》(2021 年 6 月）可知，四川省空气吸收剂量率年均值范围为 67.5nGy/h~121.3nGy/h（未扣除仪器对宇宙射线的响应值），因此项目所在地的天然贯穿辐射水平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

9.1 施工期工程分析

本项目 DSA 机房拟建于医院门急诊综合楼裙楼 8 层，门急诊综合楼裙楼主体工程施工期环境影响在已通过批复的《绵阳市中医医院门急诊综合楼二期项目环境影响报告表》中进行了详细分析，本次评价不再对项目相关的土建工程进行环境影响评价，仅对机房改造的防护装修和设备安装调试环节进行环境影响评价。

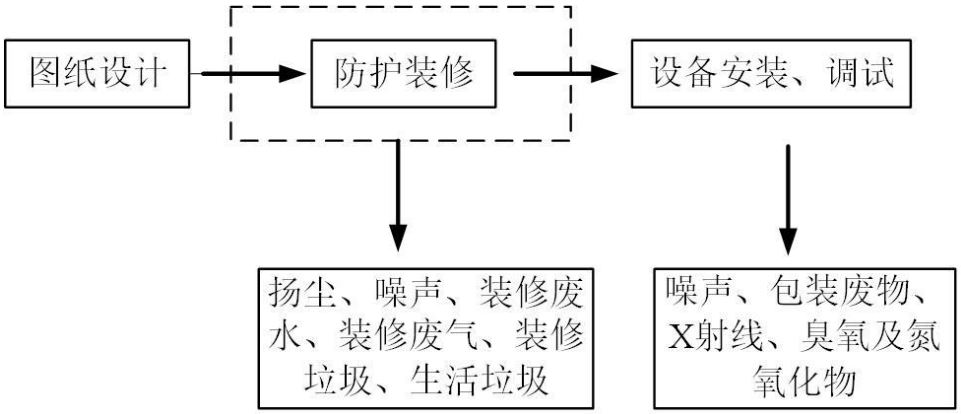

图 9-1　施工期工艺流程及产污环节

1、防护装修的工艺分析

DSA 机房防护装修：在原有土建工程上对四侧墙体及顶棚、地坪新增铅板或硫酸钡防护涂料，安装防护门和门上观察窗，对机房及其辅助功能用房等进行装修工程。

根据建设单位提供的资料，在机房原有四侧龙骨钢架+2mm 铅板的基础上新增 1mm 铅板，在机房顶棚原有 18cm 混凝土上新增 1mm 铅板，在地坪原有 18cm 混凝土上新增 10mm 防护涂料，将原有内衬 2mm 铅板得防护门更换为内衬 4mm 铅板的防护门，新增 20mm 铅玻璃的门上观察窗 1 套。

本项目在装修施工阶段主要环境影响为扬尘、噪声、装修废气、装修垃圾等。本项目施工期会对周围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器的使用时间，加强施工现场的管理手段，对周围环境产生的影响较小，且该影响是暂时性的，随施工期的结束而消除。

建设单位应加强施工区域管理，对施工场地采取围挡措施。施工时采取湿法作业，尽量降低建筑粉尘对周围环境和公众的影响，现场堆积装修垃圾应即使清理，以免对患者和医院工作人员造成不便。装修过程会产生装修废气，在加强通风和室内空气净化措施后，可将装修废气的影响降至最低，装修废气不会对周围环境产生大的影响。施工过

程中会产生装修垃圾和生活垃圾，由医院进行统一集中收集，并交由当地环卫部门清运。

2、设备安装调试期间的工艺分析

本项目 DSA 安装及调试由设备供货方专业人员进行，医院方不得自行安装及调试设备。安装调试阶段是在辐射防护施工完成后进行，在此过程中各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在机房门外设立辐射警告标志，禁止无关人员靠近。设备安装过程中会产生废包装纸/袋、X 射线、少量臭氧和氮氧化物。因安装调试时间短，各污染物产生量很少，且调试结束关机后，X 射线将即时消除，因此，本项目设备安装调试造成的环境辐射影响很小，并且是临时的。

9.2 工程设备和工艺分析

9.2.1 DSA 射线装置设备组成

DSA 是计算机与常规血管造影相结合的一种检查方法，是集电视技术、影像增强、数字电子学、计算机技术、图像处理技术等多种科技手段于一体的系统。DSA 射线装置主要由影像接收器、X 线管头、显示器、导管床、高压注射器、操作台、控制装置及工作站系统组成，其整体外观示意图如图 9-2 所示。



图 9-2 双球管 DSA 射线装置外观示意图

9.2.2 DSA 射线装置工作原理

DSA 产生 X 射线的装置主要由 X 射线管和高压电源组成，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，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。高电压加在 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，这些高速电子到达靶面为靶所突然阻挡从而产生 X 射线。典型 X 射线管结构如图 9-3 所示。

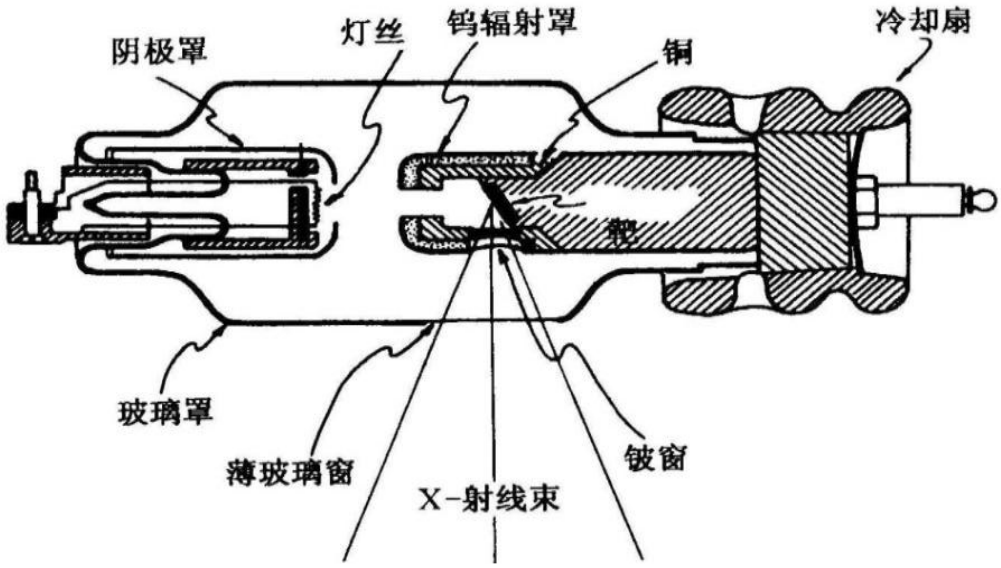

图 9-3　典型 X 射线管结构图

虽然不同用途的 X 射线机因诊疗目的不同有较大的差别，但其基本结构都是由产生 X 射线的 X 射线管、供给 X 射线管灯丝电压及管电压的高压发生器、控制 X 射线的“量”和“质”及曝光时间的控制装置，以及为满足诊断需要而装配的各种机械装置和辅助装置组成。

DSA 成像的基本原理是将患者受检部位注入造影剂之前和注入造影剂后的血管造影 X 射线荧光图像，分别经影像增强器增益后，再用高分辨率的电视摄像管扫描，将图像分割成许多的小方格，做成矩阵化，形成由小方格中的像素所组成的视频图像，经对数增幅和模/数转换为不同数值的数字，形成数字图像并分别储存起来，然后输入电子计算机处理并将两幅图像的数字信息相减，获得的不同数值的差值信号，再经对比度增强和数/模转换为普通的模拟信号，获得去除骨骼、肌肉和其它软组织，只留下单纯血管影像的减影图像，通过显示器显示出来。

9.2.3 操作流程及产污环节

（1）操作流程

医生接诊患者后根据其病情确定诊疗方法，告知患者及家属采用 DSA 治疗的辐射危害。患者进入机房后，技师或护士协助摆位后离开机房（患者留下）。技师开启 DSA 设备，在控制室内首次减影初步确认病灶部位。然后手术医生穿戴好防护用品进入机房，在透视操作下插入导管，输入造影剂，之后离开机房。技师在控制室内再次减影，确定病灶部位后，手术医生再次穿戴好防护用品进入机房进行介入治疗直到治疗结束，关机。DSA 在进行曝光时分为两种情况：

第一种情况，减影。操作人员采取隔室操作的方式，通过控制 DSA 的 X 线系统进行曝光，采集减影部位图像。具体方式是将患者麻醉后摆位于检查床上，操作人员调整 X 线球管、患者、影像接收器三者之间的距离，然后进入控制室，关闭防护门。操作人员通过控制室的电子计算机控制 DSA 的 X 线系统曝光，进而采集减影部位图像。

第二种情况，透视。操作人员采取近台同室操作方式。通过控制 DSA 的 X 线系统曝光，对患者的手术部位进行连续脉冲透视。具体方式是将患者麻醉后摆位于检查床上，操作人员位于非主射束方向的手术床旁，并配备个人防护用品（如铅衣、铅围脖、铅眼镜等）。介入手术中，操作人员根据需要，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 线系统连续发出 X 射线），通过悬挂显示屏上显示的连续画面，完成介入操作。

（2）产污环节

本项目 DSA 为Ⅱ类射线装置，曝光时主要污染因子为 X 射线，非曝光状态下不产生 X 射线；注射的造影剂不含有放射性，射线装置采用先进的数字显影技术，不会产生废显影液、废定影液和废胶片。另外，DSA 曝光时空气被电离会产生少量臭氧和氮氧化物。DSA 操作流程及产污环节如图 9-4 所示。

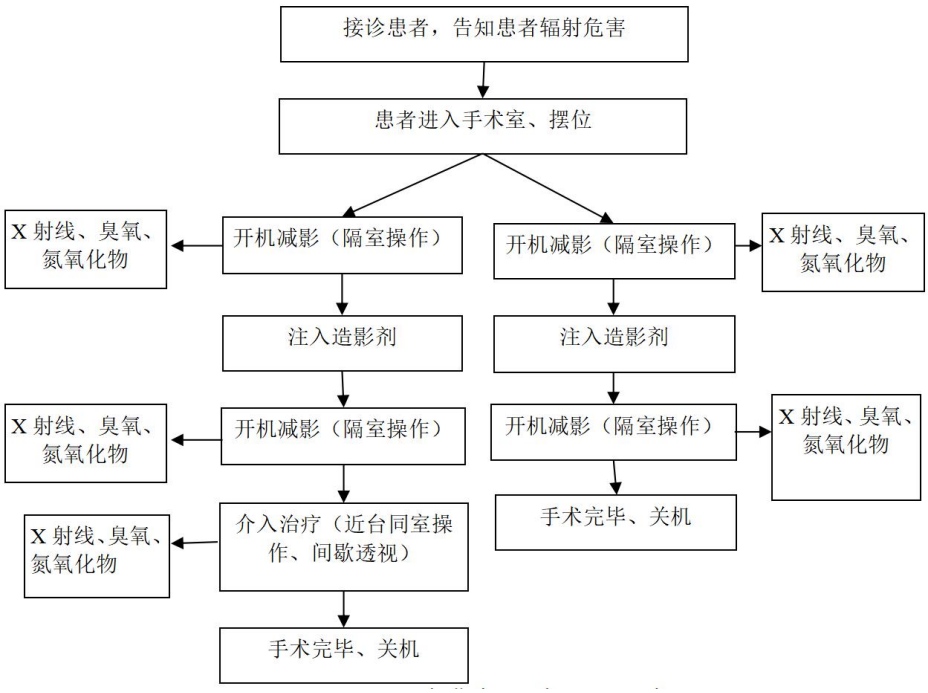

图 9-4 DSA 操作流程及产污环节示意图

综上可知，DSA 在开机状态下，产生的污染因子主要为 X 射线、臭氧和氮氧化物，同时介入手术会产生医疗固废以及通排风噪声，无其他放射性废气、废水及固体废物产生。

（3）人员、物流路径规划

①工作人员路径

医护人员经医生通道进入手术区更衣室，经过换鞋、更衣区后，再由洁净走廊进入控制室，技师留在控制室进行设备操作，介入医生和护士经防护门进入 DSA 机房内部进行手术。

②患者路径

患者由工作人员推床从洁净走廊经防护门进入 DSA 机房内部接受手术。

③污物路径

手术结束后，由工作人员将污物从 DSA 机房东侧防护门运出机房，将污物送至污物暂存间。污物转运时间为医院下班时间，工作人员转运污物前，需确保转运路线无公众逗留，转运完成后需对转运路线进行清洁和消毒，不会对公众造成交叉污染。

DSA 机房和配套房间集中布置，相对独立且人流较少，设有专门的患者通道，降低了公众受到照射的可能性，且周围无明显环境制约因素。另外，西侧防护门设患者出入标志。本项目 DSA 机房人流物流路径规划如下图所示。

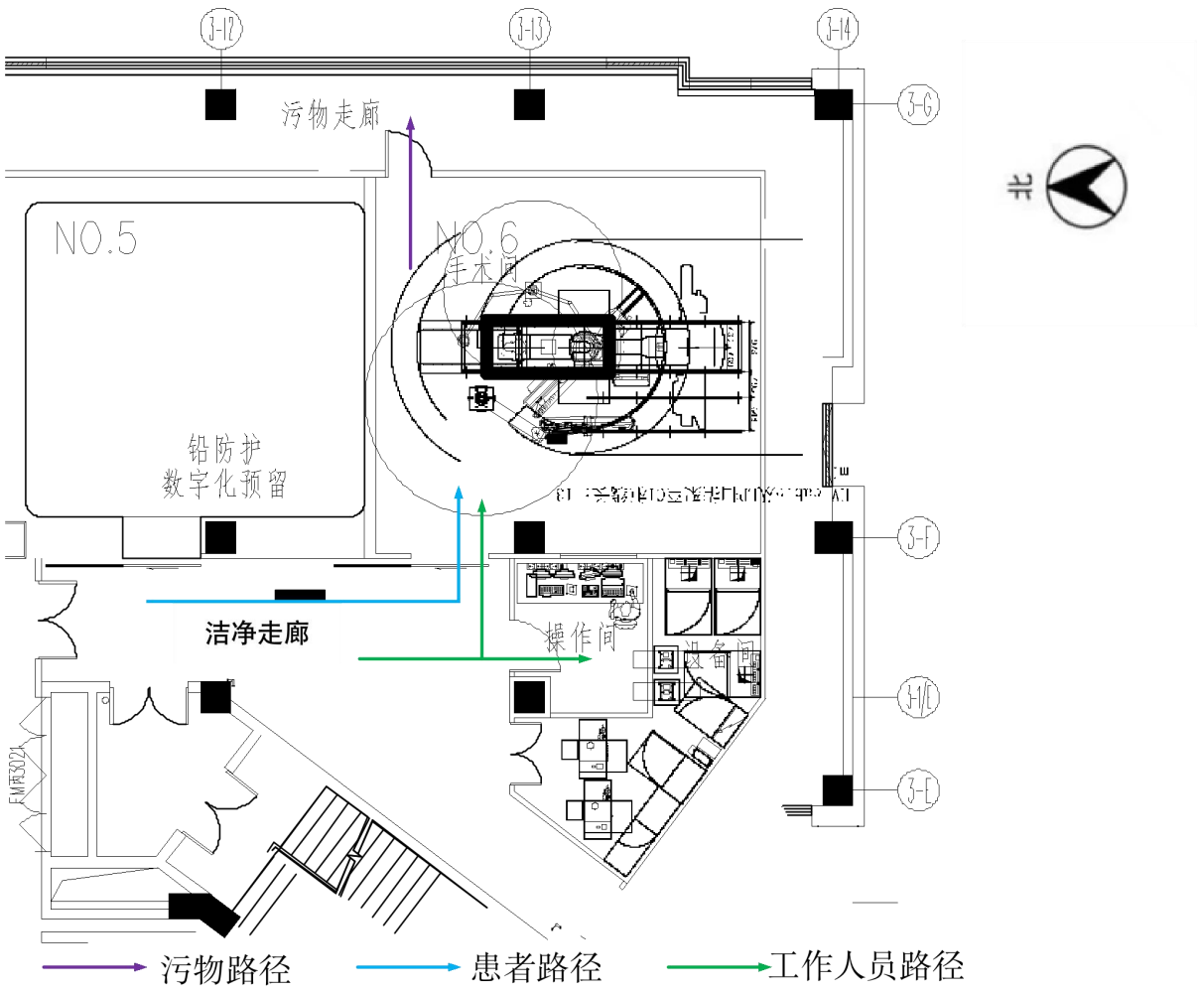

图 9-5 本项目人员、物流路径图

9.3 污染源项描述

9.3.1 正常工况污染源项描述

（1）辐射污染因子

由 X 射线装置的工作原理可知，X 射线随机器的开、关而产生和消失。本项目使用的 DSA 射线装置非曝光状态下不产生 X 射线，只有在开机并处于曝光状态时才会发出 X 射线。因此，在开机期间，污染因子主要为 X 射线。由于 X 射线贯穿能力强，将对工作人员、公众及周围环境造成一定的辐射污染，DSA 工作时会产生以下几种 X 射线辐射：

①有用线束

通过控制 DSA 的 X 线系统，使用减影模式采集造影部位图像或对患者手术部位进行间歇式透视。减影模式下距靶点 1m 处的最大剂量率为 1.62×10^{8}μGy/h，透视模式下距靶点 1m 处的最大剂量率为 4.05×10^{6}μGy/h。

②泄漏辐射

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》，正常工况下，离靶点 1m 处的泄漏辐射最大剂量率为 1mGy/h。

③散射辐射

当有用线束照射检查床上的患者时，会产生散布于各个方向的次级散射辐射，散射辐射能量和剂量率远低于有用线束。散射辐射剂量率大小取决于初级射线能量、散射面积和散射角度等。

根据医院提供的资料，本项目拟配置的 DSA 技术参数见表 9-1。

表9-1　本项目拟配置的DSA技术参数

工作场所		门急诊综合楼裙楼 8 层 DSA 机房
技术参数		最大管电压 125kV，管电流 1000mA
过滤材料		2.5mmAl
照射野		100cm^2
常用最大运行工况	减影	常用最大管电压 100kV，常用最大管电流 500mA 此工况下距靶点 1m 处的空气比释动能率为 1.62×10^{8}μGy/h①
	透视	常用最大管电压 90kV，常用最大管电流 15mA 此工况下距靶点 1m 处的空气比释动能率为 4.05×10^{6}μGy/h①
泄漏辐射源强		离靶点 1m 处的泄漏辐射在空气中的比释动能率不超过 1mGy/h②

注：减影和透视工况下距靶点 1m 处的空气比释动能率以及泄漏辐射在空气中的比释动能率的取值和计算参考式 11-1 和表 11-1、11-2。

9.3.2 非正常工况污染源项分析

本项目使用 DSA 射线装置主要可能发生的辐射事故有以下几种：

（1）装置在运行时，由于门灯联锁系统失效，人员误入或滞留在机房内而造成误照射；工作人员或病人家属还未全部撤离治疗机房，控制室人员启动设备，造成滞留人员的误照射。

（2）工作人员误操作，在没有关闭防护门的情况下，进行 DSA 出束操作，对门外人员造成误照射。

（3）维修射线装置时，维修人员受意外照射。

非正常工况产生的污染物与正常工况下相同。

9.3.3 其他污染源项分析

（1）废气

本项目 DSA 在曝光过程中，由于 X 射线与空气电离作用，会有少量臭氧和氮氧化

物产生。

（2）废水

项目运行后，废水主要为医护人员产生的生活污水及手术器械清洗产生的医疗废水。医护人员生活用水按每人每天 100L 计，医疗废水按 100L/台手术，排污系数取 0.85，则生活污水产生量约 382.5m^3/a（按平均每天 5 台手术计算，医护人员每天约 18 人）；医疗废水产生量为 102m^3/a。则本项目废水总产生量约 484.5m^3/a（1.93m^3/d）。

（3）固体废物

①本项目 DSA 采用数字成像，无废胶片产生；

②本项目一台介入手术约产生医疗废物药棉 0.1kg，纱布 0.1kg，手套 0.2kg，一年最多 400 台手术，则一年约产生医疗废物药棉 40kg，纱布 40kg，手套 80kg，总共每年约产生医疗废物 160kg，采用专门的收集容器收集后，以不低于 1 次/天的频率转移至医院医疗废物暂存间；按照医疗废物执行转移联单制度，医院已与成都瀚洋环保实业有限公司（成都市医疗废物处置中心）签订了医疗废物集中处置服务协议，由该公司负责医院医疗废物的转运和处置；

③医护人员产生的生活垃圾不属于医疗废物，本项目拟配置 21 名辐射工作人员，其中 12 名医生，6 名护士，3 名技师。医护人员生活垃圾产生系数按 0.5kg/（人•天）计，则本项目职工生活垃圾产生量约为 2.25t/a。生活垃圾集中收集并交由环卫部门统一清运。本项目产生的固体废物经妥善处理后对周围环境影响较小。

（4）噪声

本项目噪声源主要为通排风风机产生的噪声，本项目设备选用低噪声设备，噪声源强一般小于 65dB（A）。

。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 工作场所平面布局

本项目 DSA 机房拟建于医院门急诊综合楼裙楼 8 层，布局见附图 4，DSA 机房上方布局见附图 5，DSA 机房下方布局见附图 6。本次环评辐射工作场所位置及四周布局见表 10-1 所示。

表 10-1 本项目 DSA 机房周边布局一览表

所在区域	工作场所	方位	周边房间及场所
门急诊综合楼裙楼 8 层	DSA 机房	东	污物通道
		南	污物通道
		西	控制室、洁净走廊
		北	5 号手术室
		楼上	可上人天台
		楼下	康复理疗室

（1）本项目拟建 DSA 机房和配套用房集中布置，并设置有医生通道和患者通道，机房位置相对独立且人流较少，降低了公众受到照射的可能性，周围无明显环境制约因素。

（2）本项目的建设不影响消防通道，也不占用消防设施等任何公共安全设施。

拟建机房布局与《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）对照分析见下表。

表 10-2 机房布局设置与标准对照分析

项目	《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求	本项目设置情况	是否满足要求
机房布局	每台固定使用的 X 射线设备应设有单独的机房，机房应满足使用设备的布局要求	本项目拟新增使用的 DSA 手术室为单独的机房，机房最小使用面积及最小单边长均满足设备的布局要求	满足
	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	DSA 门急诊综合楼裙楼 8 层，采取了相应的屏蔽防护措施，考虑了邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全	满足
	应合理设置 X 射线设备、机房的门、窗和管线口位置，应尽量避免有用线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位	本项目新增 DSA 设备垂直球管主射线方向由下向上照射，水平球管主射线方向水平四周照射，有用线束不会直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位	满足

受检者候诊区	受检者不应在机房内候诊	DSA 项目受检者在机房手术等候区候诊，不在机房内候诊	满足
机房尺寸	最小有效使用面积不小于 30m^2，最小单边长不小于 4.5m	DSA 手术室：7.3（m）×7.2（m）=54.75（m^2）	满足

经对照分析可知，拟建 DSA 手术室的设置满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）平面布局的要求，采取了防辐射的屏蔽措施，能够满足放射诊疗需求，并且充分考虑了相邻场所的防护安全，因此，本项目工作场所布局合理。

10.1.2 辐射工作场所分区

为了便于加强管理，切实做好辐射安全工作，医院应按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，在辐射工作场所内划出控制区和监督区，在项目运营期间采取分区管理措施。

（1）“两区”划分原则与依据

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），“两区”划分原则与依据：

①注册者和许可证持有者应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围；

②确定控制区的边界时，应考虑预计的正常照射的水平、潜在照射的可能性和大小，以及所需要的防护手段与安全措施的性质和范围；

③注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区：这种区域未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

控制区：在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散，以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求或可能要求专门防护手段和安全措施的限定区域。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（包括门锁和联锁装置）限制进出控制区，并定期控制区的实际状况，确认是否需要改变该区的防护手段或安全措施，或是更改该区的边界。

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，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域。在监督区入口处的合适位置设立表明监督

区的；并定期检查该区工作状况，确认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）本项目“两区”划分

医院拟按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的“两区”划分原则与依据，把辐射工作场所分为控制区、监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。控制区和监督区划分情况见表 10-3 和图 10-1。

表 10-3 本项目控制区和监督区划分情况

工作场所	控制区	监督区
DSA机房	DSA机房内	控制室、设备间、防护门外 1m处

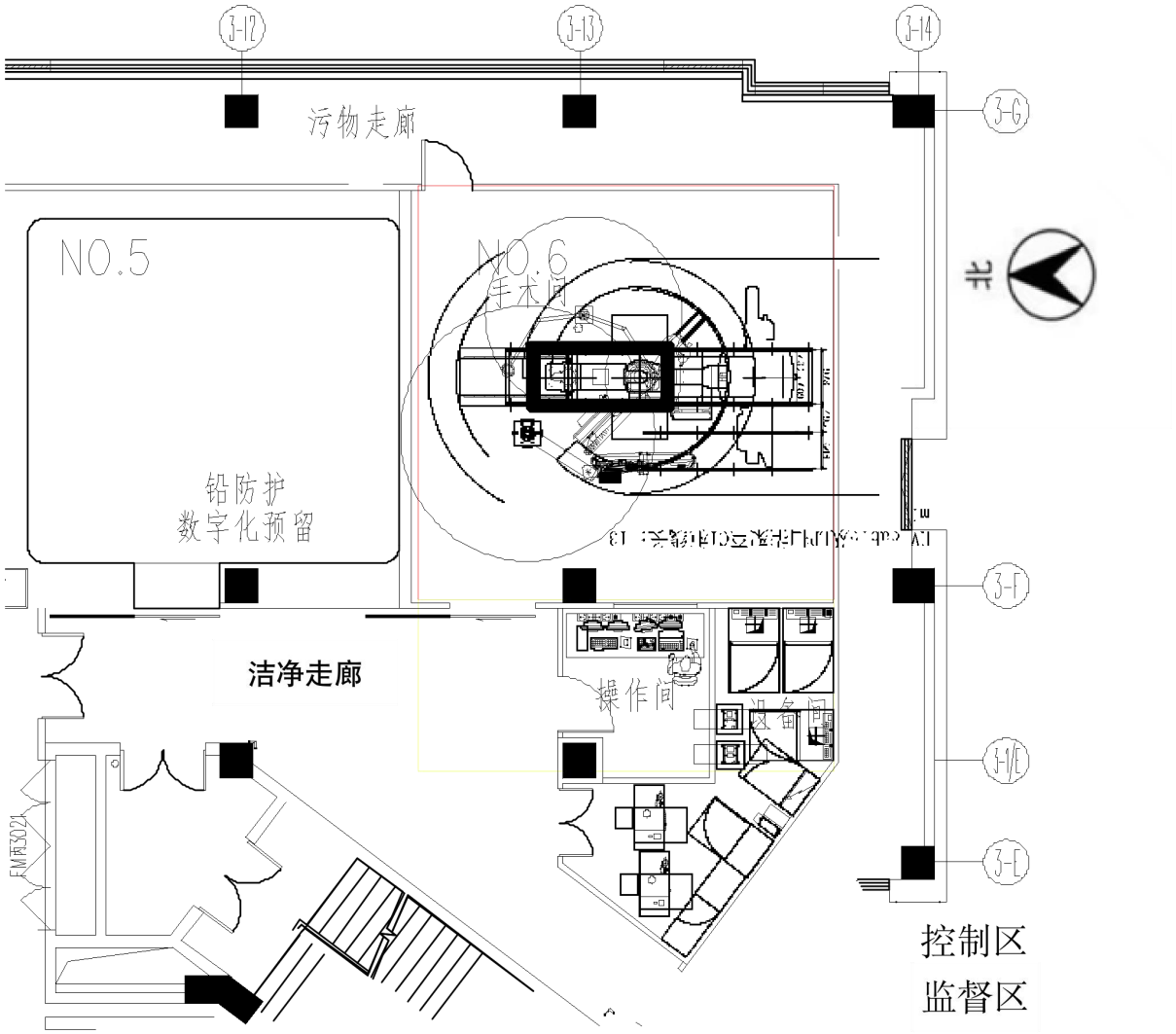

表 10-1 本项目两区划分图

控制区通过实体屏蔽措施、电离辐射警告标志等进行控制管理，在射线装置使用时，

除工作人员外，禁止其他人员进入；监督区通过设置标明监督区的标志提醒人员尽量避开该区域，并委托有资质的单位定期对监督区进行监测、检查。如果发现异常，医院应立即进行整改，整改完成后方可继续使用射线装置。

综上，本项目分区符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的规定，将辐射工作场所进行分区，同时对控制区和监督区采取相应的措施，可以有效避免人员误闯入而造成的误照射。

10.2 辐射安全及防护措施

本项目 DSA 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受照射时间、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。

10.2.1 设备安全防护措施

（1）安全防护措施

本项目使用 1 台 DSA 射线装置，型号未定，仅能确定最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA，为双管头设备，垂直球管主射线方向由下向上照射，水平球管主射线方向水平四周照射，减影及透视模式下两个球管可以同时出束。属于Ⅱ类射线装置。根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020），设备具备以下安全防护措施：

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的过滤板，以多消除软 X 射线以及减少二次散射，优化有用 X 射线谱。设备提供适应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过滤板。

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：配备有相应的表征剂量的指示装置，当机房内出现超剂量照射时会出现报警提醒。

⑥急停开关装置：介入手术床旁设置急停开关（各开关串联并与 X 射线系统连接）。

X 射线系统出束过程中，一旦出现异常，按动急停开关，可停止 X 射线系统出束，并在急停开关旁设置醒目的中文提示。

（2）其它防护措施

①机房操作室上张贴相应的辐射安全规章制度、操作规程。上墙制度包括《辐射防护和安全保卫制度》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射工作设备操作规程》和《辐射事故应急处理预案》，制度字体醒目，尺寸大小应不小于 400mm × 600mm。

②机房门墙间均进行了有效搭接，防止射线的泄漏，并装有防夹装置，同时设置有自动闭门装置，可以保证开门状态设备扫描停止，防止无关照射。

③机房受检者出入口门外地面应设置黄色警戒线，告诫无关人员请勿靠近。手术期间，陪护人员禁止进入监督区域和控制区域。防护门外和墙面的醒目位置设置明显的电离辐射警告标志，电离辐射警告标志须符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 F 要求。

④本项目介入手术医生和护士均配备铅衣内外双个人剂量计，其中铅衣内外双个人剂量计分别佩戴在铅围裙外锁骨对应的领口位置及铅围裙内躯干位置，内外两个剂量计应有明显标记，防止剂量计戴反；技师配 1 支个人剂量计，为铅衣外个人剂量计。

⑤门灯联锁：机房防护门上方设置醒目工作状态指示灯，灯箱上设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句。防护门设有自动闭门装置，工作状态指示灯能与机房门有效关联。候诊区设置放射防护注意事项告知栏。

⑥对讲装置：DSA 机房设置对讲装置，操作台的工作人员可以通过对讲装置与机房内的手术人员联系。

⑦按照《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)，本项目 DSA 机房内应配置 0.5mm 厚的铅当量的铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜及不低于 0.025mm 厚的铅当量的介入防护手套，介入手术工作人员应穿戴防护用品，DSA 机房的医护人员可采用铅帘（不低于 0.5mm 厚的铅当量）进行必要的遮挡；DSA 机房需为患者配有铅橡胶颈套、铅橡胶帽子（防护铅当量 0.5mm）、铅防护方巾（防护铅当量 0.5mm），用于患者非照射部位进行防护，以避免患者受到不必要的照射。

表 10-4　本项目拟配备个人防护用品与标准对照表

机房名称	人员类型	《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求		本项目拟配置情况		是否符合要求
		个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施	

DSA 机房	工作人员	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套 选配：铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏/铅防护吊帘、床侧防护帘/床侧防护屏 选配：移动铅防护屏风	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、铅橡胶帽子各 3 件，介入防护手套 3 套	铅悬挂防护屏/铅防护吊帘、床侧防护帘/床侧防护屏各 1 件	符合
	患者和受检者	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	——	儿童和成人铅橡胶性腺防护方巾、铅橡胶帽子、铅橡胶颈套各 1 件；	——	符合
注：除介入防护手套为 0.025mmPb，其余个人防护用品和辅助防护设施的铅当量均不低于 0.5mmPb。						

由上表可知，本项目拟配置的个人防护用品和辅助防护设施符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中表 4 的要求。

10.2.2 工作场所防护屏蔽设计

本项目 DSA 机房由具有相应资质的单位进行设计，机房的四侧墙体、顶棚均修建了相应的屏蔽体对射线进行有效的屏蔽。根据机房的屏蔽状况见表 10-7，机房最小单边长及有效使用面积见表 10-8。

参考《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）附录 C 的 C.1.2 中式（C.1）及式（C.2）进行等效铅当量厚度的计算。

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

式中：

B——给定铅厚度的屏蔽透视因子；

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。

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

式中：

X——不同屏蔽物质的铅当量厚度；

α——不同屏蔽物质对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

γ——不同屏蔽物质对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

B——给定铅厚度的屏蔽透视因子。

本项目 DSA 的额定管电压为 125kV，查《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）附录 C 表 C.2 和表 C.3，得铅和混凝土对管电压为 125kV（主束）和 125kV（散射）X 射线辐射衰减的有关的拟合参数，具体见表 10-5。

表 10-5　铅、混凝土对 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数

管电压kV	铅			混凝土		
	α	β	γ	α	β	γ
125（主束）	2.219	7.923	0.5386	0.03502	0.07113	0.6974
125（散射）	2.233	7.888	0.7295	0.03510	0.06600	0.7832

表 10-6　不同厚度混凝土、实心砖屏蔽透射因子计算结果等效铅当量折算

场所	屏蔽体	屏蔽材料	屏蔽材料厚度	屏蔽透射因子	等效铅当量	
DSA 机房	顶棚（18cm 混凝土+1mm 铅板）	混凝土	18cm	3.78×10^{-4}	2.3 mmPb	3.3mmPb
		铅板	1mm	/	1mmPb	
	顶棚（18cm 混凝土+10mm 硫酸钡防护涂料）	混凝土	18cm	4.70×10^{-4}	2.5 mmPb	3.5mmPb
		硫酸钡防护涂料	10mm	/	1mmPb	
	四侧墙体（龙骨钢架+3mm 铅板）	铅板	3mm	/	3mmPb	3mmPb
注：混凝土密度取 2.35g/cm³ 核算等效屏蔽厚度，折算铅当量参考《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中附录 C 中式（C.1）、式（C.2）及表 C.2，得顶棚 18cm 混凝土折算为 2.3mmPb 当量。						

表 10-7　DSA 机房屏蔽防护情况一览表

工作场所	防护设施	屏蔽材料及厚度（折算铅当量：mmPb）	GBZ130-2020 表 3 中标准要求	符合性评价
DSA 机房	四侧墙体	龙骨钢架+3mm 铅板（3mmPb）	有用线束方向应≥2.0mmPb 当量，非有用线束方向铅当量应≥2.0mmPb 当量。	符合
	顶棚	18cm 混凝土+1mm 铅板（3.3mmPb）		符合
	地坪	18cm 混凝土+10mm 防护涂料（3.5mmPb）		符合
	防护门（3 套）	内衬 4mm 铅板（4.0 mmPb）		符合
	门上观察窗（1 套）	4.0mmPb 铅玻璃（4.0mmPb）		符合

表 10-8　DSA 机房面积及单边长度一览表

机房名称	拟设置情况		GBZ130-20020 表 2 标准要求		符合性评价
	最小单边长度（m）	有效使用面积（m^2）	最小单边长度（m）	最小有效使用面积（m^2）	

DSA 机房	7.2	57.75	3.5	20	符合

通过表 10-6 和表 10-7 可知，本项目 DSA 机房的有效使用面积、最小单边长度均大于标准要求，其四侧墙体、顶棚、地坪、防护门等均采取了辐射屏蔽措施，充分考虑了邻室（含楼上及楼下）及周围场所的人员防护与安全，且屏蔽厚度均高于有用线束和非有用线束铅当量防护厚度标准规定值。从 X 射线放射诊断场所的屏蔽方面考虑，本项目 DSA 机房的防护设施的技术要求满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中的相关防护设施的技术要求。

10.2.3 距离防护

周边公众主要依托机房的屏蔽墙体、防护门和楼板屏蔽射线，医院将严格按照控制区和监督区划分实行“两区”管理，且在防护门的醒目位置张贴固定的电离辐射警告标志并安装工作状态指示灯。限制无关人员进入，以免公众受到不必要的照射。

10.2.4 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时间，也避免病人受到额外剂量的照射。另外，合理安排进行介入治疗手术的医生和护士的手术台数，降低某一工作人员因长时间操作所致剂量。当介入手术医生季度个人剂量超过 1.25mSv 或年剂量超过 5mSv，医院应进行调查，并出具调查报告，在查明原因之前应限制或暂停该工作人员工作时间。

医院应强化管理，加强辐射工作人员的培训和自我保护，严格执行落实《辐射安全管理规定》和《辐射工作人员个人剂量管理制度》等规章制度；介入工作人员配备的内外两个剂量计应有明显的标记，防止剂量计戴反。个人剂量每个季度及时送检，严格执行个人剂量计收发制度，建立个人剂量收发记录。

10.2.5 管线穿墙补偿措施

DSA 机房拟采用动力排风系统进行通风，排风量约 1000m^3/h，通风换气次数 6 次/h。排风口设置在 DSA 机房吊顶两侧，排风管从吊顶东侧墙体穿出，废气最终引至门急诊综合楼裙楼楼顶排放。风管穿墙处包裹 3mm 铅皮作为风管穿墙的辐射防护屏蔽补偿。

本项目控制电缆由 DSA 机房内通过电缆沟连接至设备间及控制室。电缆沟深 200mm、宽 250mm，电缆沟穿墙方式采用下沉穿越，两边覆盖 3mm 铅板的方式穿过 DSA 机房与设备间和控制室之间的防护墙，以防止射线漏出。

10.2.6 辐射工作场所安防措施

为确保本项目辐射工作场所的使用安全，本项目采取的安全保卫措施见表 10-9。

表 10-9　本项目采取的安全保卫措施

工作场所	措施类别	对应措施
DSA 射线装置工作场所	防盗、防抢和防破坏	①本项目 DSA 机房将纳入医院日常安保巡逻的重点工作范围，加强巡视管理以防遭到破坏； ②工作场所安装监控系统实行 24h 实时监控； ③DSA 射线装置将安排有专人进行管理和维护，并进行台账记录，一旦发生盗抢事件，立即关闭设备和防护门，并立即向公安机关报案； ④射线装置机房和邻近房间不会存放易燃、易爆、腐蚀性物品等物品。
	防泄漏	①本项目使用 1 台 DSA，型号未定仅给出最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA，设备各项安全措施齐备；设置有不同的联锁装置确保运行过程中的辐射泄漏； ②本项目所有射线装置工作场所均将按照有关规范要求进行辐射防护设计，只要按照设计和环评要求进行落实，机房不存在辐射泄漏的情况。

10.3 辐射安全及防护措施对照分析

根据《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序（第三版）》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，本次根据建设单位采取的辐射安全措施进行对照分析，具体情况见表 10-10。

表 10-10 本项目机房其他辐射防护措施分析

项目	标准要求	本项目设计方案	是否符合
机房通风	机房应设置动力排风装置, 并保持良好的通风。	机房设计了通排风系统, 通风次数不低于 4 次/h，机房通风状况良好。	符合
机房内布局	机房内布局要合理, 应避免有用线束直接照射门、窗和管线口位置; 不得堆放与该设备诊断工作无关的杂物。	DSA 机房设计避免有用线束直接照射管线口；DSA 设备垂直球管主射线方向由下向上照射，水平球管主射线方向水平四周照射（避开防护门方向），不直接照射防护门；机房内未设置与诊断工作无关的设施，保持机房内整洁、不堆放杂物。	符合
警示系统	机房门外应有电离辐射标志、辐射防护注意事项、醒目的工作状态指示灯, 灯箱处应设警示语句。	医院拟在 DSA 机房外墙上张贴辐射防护注意事项，机房门外设置电离辐射标志，在受检者防护门上方设置工作状态指示灯、灯箱设置警示语句。	符合
安全联锁装置	机房门应有闭门装置, 且工作状态指示灯和与机房相通的门能有效联动。	DSA 机房受检者防护门设门灯联锁装置，保证工作状态指示灯与防护门实现联锁功能。	符合

10.4“三废”治理措施

（1）废水

①本项目无放射性废水产生。

②非放射性废水治理措施

本项目 DSA 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及手术器械清洗产生的医疗废水进入医院门急诊综合楼污水处理站污水预处理池、一级强化处理+二氧化氯消毒处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表 2 预处理排放标准要求后接入道路市政管网，最终经绵阳市塔子坝污水处理厂处理达标后排入涪江。

（2）废气

①本项目无放射性废气产生。

②非放射性废气治理措施

本项目 DSA 射线装置在曝光过程中，会有少量臭氧和氮氧化物产生。项目运行后，因射线装置每次曝光时间短，臭氧和氮氧化物产生量很少。本项目 DSA 机房内排风量不低于 1000m^3/h，通风换气次数 6 次/h，能保持机房内良好的通风。DSA 机房产生的臭氧和氮氧化物最终引至门急诊楼裙楼楼顶排放，不会形成室内集聚，对周围环境影响很小。

（3）固体废物

①本项目无放射性固废产生。

②非放射性固废治理措施

本项目运营期会产生药棉、纱布、手套等医疗废物，医院采用专用容器分类收集后，转移至医院医疗废物暂存间暂存，按医疗废物执行转移联单制度，委托绵阳市卫生管理处处置。本项目医疗废物产生量较少，医院医疗废物暂存库面积为 10m^2，容量足以满足本项目医疗废物暂存需求。

工作人员产生的生活垃圾和办公垃圾不属于医疗废物，医院进行统一集中收集并交由环卫部门统一清运。

（4）噪声

本项目设备选用低噪声设备，噪声源强一般小于 65dB（A），噪声源主要为风机噪声。通过设置隔声减振措施，经降噪措施及距离衰减后，运行期间场界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2 类标准要求。

综上所述，DSA 机房采取的污染防治措施均符合国家相关标准的要求。

（5）射线装置报废处理

根据《四川省辐射污染防治条例》中对射线装置报废处置相关要求“使用单位应当对射线装置去功能化”。

本项目使用的 DSA 射线装置在进行报废处理时，将对射线装置的高压射线管进行拆解和去功能化，同时将射线装置的主机电源线绞断，使射线装置不能正常通电，防止二次通电使用，造成误照射。

10.5 环保投资概算

本核技术利用项目总投资 1800 万元，其中环保投资 35 万元，占总投资的 1.9%。环保投资估算见表 10-11。

表 10-11 环保投资估算一览表（单位：万元）

类别	环保设施措施	金额（万元）
辐射屏蔽措施	四侧墙体：新增 1mm 铅板； 顶棚：新增 1mm 铅板作为屏蔽材料； 地坪：新增 10mm 防护涂料作为屏蔽材料。新增防护门 2 套（4mmPb）；新增观察窗 1 套（4mmPb）	20
	铅防护门 2 套（4mmPb）	
	门上观察窗 1 套（4mmPb）	
安全装置	操作台和介入手术床旁“急停开关”装置 1 套	1.0
	对讲装置 1 套	0.2
	门灯联锁及工作状态指示灯 1 套	0.8
防护用品	辐射工作人员配备防护铅当量为 0.5mmPb 的铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜 3 套，防护铅当量不低于 0.025mmPb 的介入防护手套 3 套	1.0
	患者配儿童和成人铅橡胶颈套、铅橡胶帽子（防护铅当量 0.5mm）以及铅防护方巾 1 套（防护铅当量 0.5mm）	0.5
	DSA 机房拟配置辐射工作人员 16 人，均为新增辐射工作人员，每名辐射工作人配备个人剂量计	0.5
废气处理	设有动力排风系统	1.0
废水处理	依托医院现有污水处理设施；	/
固废处理	委托当地有医疗固废处置资质的单位处置	1.0
监测仪器	拟配置 1 台便携式 X-γ辐射剂量监测仪；	1.0
监测	委托第三方机构常规监测和自主环境保护竣工验收监测；	5.0
人员培训	辐射工作人员、管理人员上岗培训；	1.0
辐射应急	辐射应急物资、人员应急培训、应急演练；	2.0
合计		35

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段环境影响分析

11.1.1 施工期环境影响分析

本项目 DSA 机房拟建于医院门急诊综合楼裙楼 8 层，门急诊综合楼裙楼主体工程施工期环境影响在已通过批复的《绵阳市中医医院门急诊综合楼二期项目环境影响报告表》中进行了详细分析，本次评价不再对项目相关的土建工程进行环境影响评价，仅对机房改造的防护装修和设备安装调试环节进行环境影响评价。

医院拟将绵阳市涪城区涪城路 14 号门急诊综合楼裙楼 8 层 1 间预留机房改造为 DSA 机房及配套功能用房，并使用 1 台 DSA 射线装置。本项目不新增建筑物，施工内容主要为防护装修以及 DSA 的安装调试等。

（1）水环境影响分析

本项目施工期会产生施工废水和生活污水。施工废水循环使用，不再进行分析。施工人员的生活污水产生量较小，经医院门急诊综合楼污水处理站预处理池、一级强化处理+二氧化氯消毒达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表 2 预处理排放标准后接入道路市政管网，最终经绵阳市塔子坝污水处理厂处理达标后排入涪江。

（2）大气环境影响分析

本项目施工过程中会产生扬尘，主要是装修过程中产生的扬尘。通过湿法作业，室内施工和外围设置围挡等方式，能尽量降低建筑粉尘对周围环境的影响，对项目周围大气环境影响较小。

（3）声环境影响分析

本项目施工期的噪声源主要是施工机械和设备的噪声，由于本项目施工范围小，施工作业较少，施工方式主要为人工施工，机械设备的使用量较少，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。施工期间，施工机械、设备的噪声时起时停，针对施工期产生的噪声，具体防治措施有：合理安排施工进度和作业时间，对主要噪声设备采取相应的限时作业，避开午休时间，禁止在夜间施工；优先选择低噪音设备，并注意对施工机械的维修、保养，使其保持良好的运行状态；对施工人员进行文明施工教育，施工中不准大声喧哗；合理布局施工场地，避免在同一施工地点安排大量动力机械设备；适当设置临时声障。

经上述措施防治后，可大大降低本项目施工过程中噪声对周围的影响，场界噪声可

满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）标准的要求。因此，本项目施工期对周围声环境影响时间和强度均较小。

（4）固体废物影响分析

本项目施工过程中会产生装修垃圾和生活垃圾，由医院进行统一集中收集，并交由当地环卫部门清运。

综上所述，本项目施工期较短，施工范围和工程量较小，在医院的严格监督下，施工方遵守文明施工、合理施工的原则，做好各项环保措施，施工期对周围环境影响较小，施工结束后，项目施工期环境影响将随之消除。

11.1.2 设备安装调试期间的环境影响分析

本项目设备的安装应请专业人员进行，医院方不得自行拆卸、安装设备，安装调试期间操作人员必须持证上岗并采取足够的个人防护措施。

在设备安装调试阶段，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在机房门外设立辐射警告标志，禁止无关人员靠近。人员离开时机房必须上锁。由于设备的安装和调试均在机房内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响较小。

11.2 营运期环境影响分析

11.2.1 运行期正常工况下DSA环境影响评价

本项目 DSA 位于门急诊综合楼裙楼 8 层拟建 DSA 机房内，设备尚未投入使用，本报告对 DSA 机房周围辐射环境影响采用理论计算模式预测的方法进行影响分析。

根据医院提供资料，DSA设备参数与工况、机房防护情况如表11-1。

表11-1　本项目DSA设备参数与工况及防护情况

<table>
<tr><td colspan="2">设备</td><td colspan="3">门急诊综合楼裙楼 8 层拟配备 DSA</td></tr>
<tr><td colspan="2">技术参数</td><td colspan="3">最大管电压 125kV/最大管电流 1000mA</td></tr>
<tr><td colspan="2">过滤材料</td><td colspan="3">2.5mmAl</td></tr>
<tr><td colspan="2">照射野</td><td colspan="3">100cm^2</td></tr>
<tr><td rowspan="2">工况模式</td><td>摄影</td><td>垂直球管：100kV，500mA
水平球管：100kV，500mA</td><td rowspan="2">发射率常数</td><td>0.09mGy/mA·s</td></tr>
<tr><td>透视</td><td>垂直球管：90kV，15mA</td><td>0.075mGy/mA·s</td></tr>
<tr><td colspan="2">泄漏辐射源强</td><td colspan="3">离靶点 1m 处的泄漏辐射在空气中的比释动能率不超过 1mGy/h</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">机房尺寸</td><td colspan="3">门急诊综合楼裙楼 8 层拟建 DSA 机房</td></tr>
<tr><td colspan="3">长 7.5m×宽 7.3m×高 3.0m</td></tr>
</table>

防护设施	四侧墙体	龙骨钢架+3mm 铅板
	顶棚	18cm 混凝土+1mm 铅板
	地坪	18cm 混凝土+10mm 防护涂料
	防护门（3 套）	4.0mmPb防护门
	门上观察窗	4.0mmPb铅玻璃
	医生	铅衣、铅围脖、铅眼镜等防护用品（0.5mmPb）、介入防护手套（0.025mmPb）

注：①DSA 出束分减影和透视两种模式。本项目拟配置的 DSA 具有自动调强功能，减影时，如果受检者体型偏瘦，功率自动降低。如果受检者体型偏胖，功率自动增强。为了防止球管烧毁并延长其使用寿命，实际使用时，管电压和功率通常留不小于 30%的裕量，即管电压控制在 100kV 以下。本项目保守取医院减影和透视常用最大运行工况的参数进行计算。根据《辐射防护手册》（第三分册）图 3.1，当 X 射线过滤材料为 2.5mmAl，管电压为 100kV 时，发射率常数取值为 0.09mGy/mAs；管电压为 90kV 时，发射率常数取值为 0.075mGy/mAs。
②参考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）用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 1 mGy/h”。

根据《辐射防护导论》射线装置距靶1m处的空气比释动能率，按公式11-1计算：

$$\dot{K} = I \cdot \delta_x \frac{r_0^2}{r^2} \qquad （式 11-1）$$

式中：

$\dot{K}$—离靶r（m）处由X射线机产生的初级X射线束造成的空气比释动能率，mGy/s；

I—管电流（mA）；

δ_x—距靶 1m 处的发射率常数，mGy/(mAs)；

r_0=1m；

r—源至关注点的距离，m。

表 11-2　DSA 不同运行模式下距靶 1m 处空气比释动能率一览表

设备	运行模式	过滤材料（Al）厚度（mm）	距靶 1m 处的发射率常数（mGy/mAs）	最大常用电压（kV）	最大常用电流（mA）	距靶 1m 处的空气比释动能率（μGy/h）
DSA	摄影	2.5	0.09	100	500	1.62×10^8
	透视	2.5	0.075	90	15	4.05×10^6

取医生手术位、操作室操作位、防护墙外 30cm 处、铅防护门外 30cm 处为预测点位，预测点位见图 11-1 和表 11-3。

表11-3　本项目DSA机房预测关注点位

预测点位		方位	距辐射源点（靶点）最近距离（m）
1#术者位	第一术者位	机房内	0.5
	第一术者位（手部）	机房内	0.4
	第二术者位	机房内	0.9

2#南侧污物通道	南侧	4
3#拟建控制室	西侧	4.1
4#西侧洁净走廊	西侧	4.7
5#北侧 5 号手术室	北侧	4.6
6#东侧污物通道	东侧	3.3
7#DSA 机房上方天台	上方	3.5
8#DSA 机房下方康复理疗室	下方	3.5
9#门急诊综合楼	西侧	15
注：9#与辐射源点（靶点）最近距离保守按与机房边界的最近距离考虑。		

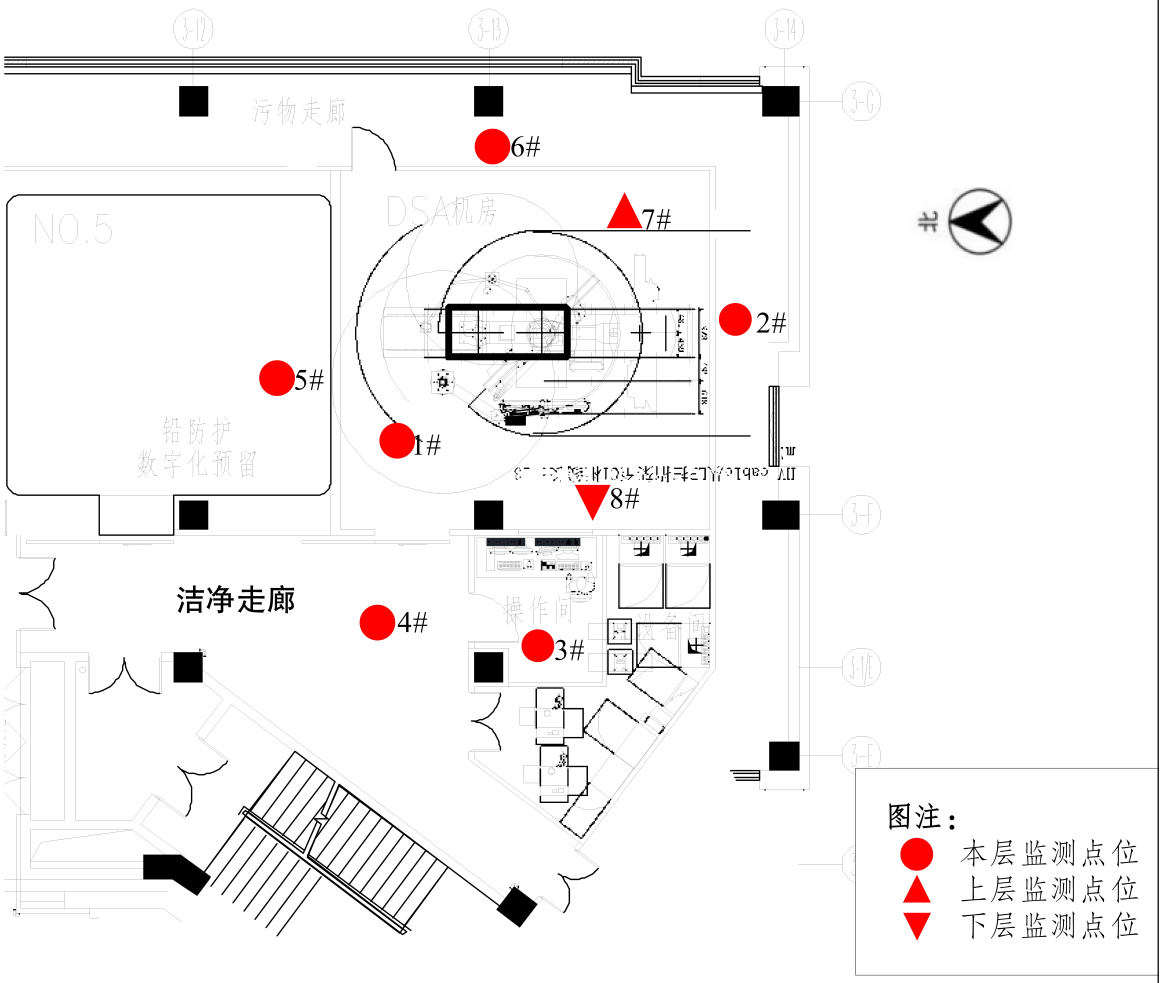

图 11-1　DSA 机房预测关注点位示意图

DSA 图像增强器对 X 射线主束有屏蔽作用，NCRP147 号报告“Structural Shielding Design For Medical X-Ray Imaging Facilities”4.1.6 节（Primary Barriers，P41~P45）及 5.1 节（Cardiac Angiography，P72）指出，DSA 屏蔽估算时不需要考虑主束照射。因此，下述影响分析计算主要考虑泄漏和散射辐射对周围环境的影响。

本项目 DSA 设备为双管头，运行模式分减影和透视两种模式，减影及透视模式下是双管头同时出束，因为不考虑主束，6 面都是散射+漏射，所以本项目计算先按照单管头出束剂量计算，双管头出束按单管头出束剂量的 2 倍计。

医护人员在机房内操作时，会配铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套等防护物品，其中铅橡胶围裙和铅防护眼镜防护铅当量按 0.5mmPb 计算，介入防护手套按 0.025mmPb 计算。

以下公式根据李德平、潘自强主编《辐射防护手册》（第一分册—辐射源与屏蔽）中公式（10.8）、（10.9）、（10.10）等公式演化而来。

①病人体表散射屏蔽估算

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

式中：

H_S----预测点处的散射剂量率，μGy/h；

H_0----距靶 1m 处初级 X 射线束造成的空气比释动能率，μGy/h；

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

s----散射面积，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----屏蔽透射因子，按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录C中公式和参数计算，公式计算同式10-1。其中：α、β、γ——屏蔽材料对100kV、90kV管电压X射线泄漏辐射衰减的有关的三个拟合参数，具体见表11-4。

表 11-4　铅对 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数

管电压	铅		
	α	β	γ
100kV (主束)	2.5	15.28	0.7557
100kV (散射)	2.507	15.33	0.9124
90kV	3.067	18.83	0.7726

散射辐射各预测点屏蔽透射因子计算结果见表11-5和表11-6。

表 11-5　100kV 减影工况下散射辐射各预测点屏蔽透射因子计算结果

预测点位	防护情况	屏蔽厚度	α	β	γ	B
2#南侧防护墙外 30cm 处（污物通道）	3.0mm 铅板	3.0mmPb	2.507	15.33	0.9124	6.31×10^{-5}
3#操作室操作位	3.0mm 铅板	3.0mmPb	2.507	15.33	0.9124	6.31×10^{-5}
4#西侧防护门外 30cm 处（洁净走廊）	4.0mm 铅门	4.0mmPb	2.507	15.33	0.9124	5.14×10^{-6}
5#北侧防护墙外 30cm 处（5 号手术室）	3.0mm 铅板	3.0mmPb	2.507	15.33	0.9124	6.31×10^{-5}
6#东侧防护墙外 30cm 处（污物通道）	3.0mm 铅板	3.0mmPb	2.507	15.33	0.9124	6.31×10^{-5}
7#DSA 机房上方天台	18cm 混凝土+1mm 铅板	3.3mmPb	2.507	15.33	0.9124	2.97×10^{-5}
8#DSA 机房下方康复理疗室	18cm 混凝土+10mm 硫酸钡防护涂料	3.5mmPb	2.507	15.33	0.9124	1.80×10^{-5}
9#门急诊综合楼	370mm 实心砖墙	3mmPb	2.507	15.33	0.9124	6.31×10^{-5}

表 11-6　90kV 透视工况下散射辐射各预测点屏蔽透射因子计算结果

预测点位	防护情况	屏蔽厚度	α	β	γ	B
1#第一术者位（铅衣内）	0.5mmPb 铅衣+0.5mmPb 铅侧帘	1.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	4.08×10^{-3}
1#第一术者位（铅衣外）	0.5mmPb 铅侧帘	0.5mmPb	3.067	18.83	0.7726	2.52×10^{-2}
1#第一术者位（手部）	0.025mmPb 铅手套+0.5mmPb 铅侧帘	0.525mmPb	3.067	18.83	0.7726	2.27×10^{-2}
1#第二术者位（铅衣内）	0.5mm 铅衣+0.5mmPb 铅侧帘	1.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	4.08×10^{-3}
1#第二术者位（铅衣外）	0.5mmPb 铅侧帘	0.5mmPb	3.067	18.83	0.7726	2.52×10^{-2}
2#南侧防护墙外 30cm 处（污物通道）	3.0mm 铅板	3.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	7.93×10^{-6}
3#操作室操作位	3.0mm 铅板	3.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	7.93×10^{-6}
4#西侧防护门外 30cm 处（洁净走廊）	4.0mm 铅门	4.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	3.69×10^{-7}
5#北侧防护墙外 30cm 处（5 号手术室）	3.0mm 铅板	3.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	7.93×10^{-6}
6#东侧防护墙外 30cm 处（污物通道）	3.0mm 铅板	3.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	7.93×10^{-6}
7#DSA 机房上方天台	18cm 混凝土+1mm 铅板	3.3mmPb	3.067	18.83	0.7726	3.16×10^{-6}
8#DSA 机房下方康复理疗室	18cm 混凝土+10mm 硫酸钡防护涂料	3.5 mmPb	3.067	18.83	0.7726	1.71×10^{-6}
9#门急诊综合楼	370mm 实心砖墙	3mmPb	3.067	18.83	0.7726	7.93×10^{-6}

各预测点位散射辐射剂量计算参数及结果见表 11-7。

表 11-7　各预测点散射辐射剂量率计算参数及结果

工作模式	关注点位置描述	H_0 (μGy/h)	α	s (cm^2)	d_0 (m)	d_S (m)	B	H_S (μGy/h)
减影	2#南侧防护墙外 30cm 处（污物通道）	1.62×10^{8}	0.0013	100	1	4	6.31×10^{-5}	2.08×10^{-1}
	3#操作室操作位	1.62×10^{8}	0.0013	100	1	4.1	6.31×10^{-5}	1.98×10^{-1}
	4#西侧防护门外 30cm 处（洁净走廊）	1.62×10^{8}	0.0013	100	1	4.7	5.14×10^{-6}	1.23×10^{-2}
	5#北侧防护墙外 30cm 处(5 号手术室)	1.62×10^{8}	0.0013	100	1	4.6	6.31×10^{-5}	1.57×10^{-1}
	6#东侧防护墙外 30cm 处（污物通道）	1.62×10^{8}	0.0013	100	1	3.3	6.31×10^{-5}	3.05×10^{-1}
	7#DSA 机房上方天台	1.62×10^{8}	0.0013	100	1	3.5	2.97×10^{-5}	1.28×10^{-1}
	8#DSA 机房下方康复理疗室	1.62×10^{8}	0.0013	100	1	3.5	1.80×10^{-5}	7.74×10^{-2}
	9#门急诊综合楼	1.62×10^{8}	0.0013	100	1	15	6.31×10^{-5}	1.48×10^{-2}
透视	1#第一术者位（铅衣内）	4.05×10^{6}	0.0013	100	1	0.5	4.08×10^{-3}	2.15×10^{1}
	1#第一术者位（铅衣外）	4.05×10^{6}	0.0013	100	1	0.5	2.52×10^{-2}	1.33×10^{2}
	1#第一术者位（手部）	4.05×10^{6}	0.0013	100	1	0.4	2.27×10^{-2}	1.87×10^{2}
	1#第二术者位（铅衣内）	4.05×10^{6}	0.0013	100	1	0.9	4.08×10^{-3}	6.63
	1#第一术者位（铅衣外）	4.05×10^{6}	0.0013	100	1	0.9	2.52×10^{-2}	4.10×10^{1}
	2#南侧防护墙外 30cm 处（污物通道）	4.05×10^{6}	0.0013	100	1	4	7.93×10^{-6}	6.52×10^{-4}
	3#操作室操作位	4.05×10^{6}	0.0013	100	1	4.1	7.93×10^{-6}	6.21×10^{-4}
	4#西侧防护门外 30cm 处（洁净走廊）	4.05×10^{6}	0.0013	100	1	4.7	3.69×10^{-7}	2.20×10^{-4}
	5#北侧防护墙外 30cm 处(5 号手术室)	4.05×10^{6}	0.0013	100	1	4.6	7.93×10^{-6}	4.93×10^{-4}

	6#东侧防护墙外30cm处（污物通道）	4.05×10^{6}	0.0013	100	1	3.3	7.93×10^{-6}	9.58×10^{-4}
	7#DSA机房上方天台	4.05×10^{6}	0.0013	100	1	3.5	3.16×10^{-6}	3.40×10^{-4}
	8#DSA机房下方康复理疗室	4.05×10^{6}	0.0013	100	1	3.5	1.71×10^{-6}	1.84×10^{-4}
	9#门急诊综合楼	4.05×10^{6}	0.0013	100	1	15	7.93×10^{-6}	4.64×10^{-5}

②泄漏辐射剂量估算

泄漏辐射剂量率利用点源辐射进行计算，各预测点的泄漏辐射剂量率可用式11-3进行计算。

$$H_L = \frac{H_0 \cdot B}{d^2} \quad \text{(式 11-3)}$$

式中：

H_L—预测点处的泄漏辐射剂量率，μGy/h；

H_0—距靶1m处的泄漏辐射在空气中的比释动能率，μGy/h，本项目取1mGy/h；

d—靶点距关注点的距离，m；

B—屏蔽透射因子，按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录C中公式和参数计算，公式计算同式10-1。

泄漏辐射各预测点屏蔽透射因子计算结果见表11-8、表11-9。

表11-8　100kV减影工况下泄漏辐射各预测点屏蔽透射因子计算结果

预测点位	防护情况	屏蔽厚度	α	β	γ	B
2#南侧防护墙外30cm处（污物通道）	3.0mm铅板	3.0mmPb	2.5	15.28	0.7557	4.14×10^{-5}
3#操作室操作位	3.0mm铅板	3.0mmPb	2.5	15.28	0.7557	4.14×10^{-5}
4#西侧防护门外30cm处（洁净走廊）	4.0mm铅门	4.0mmPb	2.5	15.28	0.7557	3.39×10^{-6}
5#北侧防护墙外30cm处（5号手术室）	3.0mm铅板	3.0mmPb	2.5	15.28	0.7557	4.14×10^{-5}
6#东侧防护墙外30cm处（污物通道）	3.0mm铅板	3.0mmPb	2.5	15.28	0.7557	4.14×10^{-5}
7#DSA机房上方天台	18cm混凝土+1mm铅板	3.3 mmPb	2.5	15.28	0.7557	1.95×10^{-5}
8#DSA机房下方康复理疗室	18cm混凝土+10mm硫酸钡防护涂料	3.5 mmPb	2.5	15.28	0.7557	1.18×10^{-5}
9#门急诊综合楼	370mm实心砖墙	3mmPb	2.5	15.28	0.7557	4.14×10^{-5}

表 11-9　90kV 透视工况下泄漏辐射各预测点屏蔽透射因子计算结果

预测点位	防护情况	屏蔽厚度	α	β	γ	B
1#第一术者位（铅衣内）	0.5mmPb 铅衣+0.5mmPb 铅侧帘	1.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	4.08×10^{-3}
1#第一术者位（铅衣外）	0.5mmPb 铅侧帘	0.5mmPb	3.067	18.83	0.7726	2.52×10^{-2}
1#第一术者位（手部）	0.025mmPb 铅手套+0.5mmPb 铅侧帘	0.525mmPb	3.067	18.83	0.7726	2.27×10^{-2}
1#第二术者位（铅衣内）	0.5mm 铅衣+0.5mmPb 铅侧帘	1.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	4.08×10^{-3}
1#第二术者位（铅衣外）	0.5mmPb 铅侧帘	0.5mmPb	3.067	18.83	0.7726	2.52×10^{-2}
2#南侧防护墙外 30cm 处(污物通道)	3.0mm 铅板	3.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	7.93×10^{-6}
3#操作室操作位	3.0mm 铅板	3.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	7.93×10^{-6}
4#西侧防护门外 30cm 处(洁净走廊)	4.0mm 铅门	4.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	3.69×10^{-7}
5#北侧防护墙外 30cm 处（5 号手术室)	3.0mm 铅板	3.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	7.93×10^{-6}
6#东侧防护墙外 30cm 处(污物通道)	3.0mm 铅板	3.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	7.93×10^{-6}
7#DSA 机房上方天台	18cm 混凝土+1mm 铅板	3.3 mmPb	3.067	18.83	0.7726	3.16×10^{-6}
8#DSA 机房下方康复理疗室	18cm 混凝土+10mm 硫酸钡防护涂料	3.5 mmPb	3.067	18.83	0.7726	1.71×10^{-6}
9#门急诊综合楼	370mm 实心砖墙	3mmPb	3.067	18.83	0.7726	7.93×10^{-6}
2#南侧防护墙外 30cm 处(污物通道)	3.0mm 铅板	3.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	7.93×10^{-6}

各预测点位泄漏辐射剂量计算参数及结果见下表11-10。

表 11-10　各预测点泄漏辐射剂量率计算参数及结果

工作模式	关注点位置描述	H_0（μGy/h）	d（m）	B	H_L（μGy/h）
减影	2#南侧防护墙外 30cm 处（污物通道）	1×10^{3}	4	4.14×10^{-5}	2.59×10^{-3}
	3#操作室操作位	1×10^{3}	4.1	4.14×10^{-5}	2.47×10^{-3}
	4#西侧防护门外 30cm 处（洁净走廊）	1×10^{3}	4.7	3.39×10^{-6}	1.54×10^{-4}
	5#北侧防护墙外 30cm 处（5 号手术室）	1×10^{3}	4.6	4.14×10^{-5}	1.96×10^{-3}
	6#东侧防护墙外 30cm 处（污物通道）	1×10^{3}	3.3	4.14×10^{-5}	3.82×10^{-3}
	7#DSA 机房上方天台	1×10^{3}	3.5	1.95×10^{-5}	1.60×10^{-3}
	8#DSA 机房下方康复理疗室	1×10^{3}	3.5	1.18×10^{-5}	9.72×10^{-4}

	9#门急诊综合楼	1×10^{3}	15	4.14×10^{-5}	1.85×10^{-4}
透视	1#第一术者位（铅衣内）	1×10^{3}	0.5	4.08×10^{-3}	1.64×10
	1#第一术者位（铅衣外）	1×10^{3}	0.5	2.52×10^{-2}	1.02×10^{2}
	1#第一术者位（手部）	1×10^{3}	0.4	2.27×10^{-2}	1.43×10^{2}
	1#第二术者位（铅衣内）	1×10^{3}	0.9	4.08×10^{-3}	5.09
	1#第一术者位（铅衣外）	1×10^{3}	0.5	2.52×10^{-2}	31.4
	2#南侧防护墙外 30cm 处（污物通道）	1×10^{3}	4	7.93×10^{-6}	5.02×10^{-4}
	3#操作室操作位	1×10^{3}	4.1	7.93×10^{-6}	4.79×10^{-4}
	4#西侧防护门外 30cm 处（洁净走廊）	1×10^{3}	4.7	3.69×10^{-7}	1.70×10^{-5}
	5#北侧防护墙外 30cm 处（5 号手术室）	1×10^{3}	4.6	7.93×10^{-6}	3.81×10^{-4}
	6#东侧防护墙外 30cm 处（污物通道）	1×10^{3}	3.3	7.93×10^{-6}	7.41×10^{-4}
	7#DSA 机房上方天台	1×10^{3}	3.5	3.16×10^{-6}	2.63×10^{-4}
	8#DSA 机房下方康复理疗室	1×10^{3}	3.5	1.71×10^{-6}	1.42×10^{-4}
	9#门急诊综合楼	1×10^{3}	15	7.93×10^{-6}	3.60×10^{-5}

③漏射和散射总辐射剂量率估算

根据表11-7和表11-10的计算结果，考虑本项目为双球管，减影、透视时两个球管同时出束，故减影及透视状态下总辐射剂量率（漏射+散射）按2倍计算，各个预测点的总辐射剂量率统计于下表11-11。

表 11-11　各个预测点的总辐射剂量率

场所	工作模式	关注点位置描述	散射辐射剂量率（μGy/h）	泄漏辐射剂量率（μGy/h）	总辐射剂量率（μGy/h）
门急诊楼楼8层拟建DSA机房	减影	2#南侧防护墙外 30cm 处（污物通道）	2.08×10^{-1}	2.59×10^{-3}	4.21×10^{-1}
		3#操作室操作位	1.98×10^{-1}	2.47×10^{-3}	4.00×10^{-1}
		4#西侧防护门外 30cm 处（洁净走廊）	1.23×10^{-2}	1.54×10^{-4}	2.48×10^{-2}
		5#北侧防护墙外 30cm 处(5 号手术室）	1.57×10^{-1}	1.96×10^{-3}	3.18×10^{-1}
		6#东侧防护墙外 30cm 处（污物通道）	3.05×10^{-1}	3.82×10^{-3}	6.18×10^{-1}
		7#DSA 机房上方天台	1.28×10^{-1}	1.60×10^{-3}	2.59×10^{-1}
		8#DSA 机房下方康复理疗室	7.74×10^{-2}	9.72×10^{-4}	1.57×10^{-1}
		9#门急诊综合楼	1.48×10^{-2}	1.85×10^{-4}	2.99×10^{-2}
	透视	1#第一术者位（铅衣内）	2.15×10	1.64×10	75.8
		1#第一术者位（铅衣外）	1.33×10^{2}	1.02×10^{2}	468
		1#第一术者位（手部）	1.87×10^{2}	1.43×10^{2}	660

		1#第二术者位（铅衣内）	6.63	5.09	23.4
		1#第一术者位（铅衣外）	4.10×10^{1}	3.14×10	145
		2#南侧防护墙外 30cm 处（污物通道）	6.52×10^{-4}	5.02×10^{-4}	2.31×10^{-3}
		3#操作室操作位	6.21×10^{-4}	4.79×10^{-4}	2.20×10^{-3}
		4#西侧防护门外 30cm 处（洁净走廊）	2.20×10^{-4}	1.70×10^{-5}	7.79×10^{-5}
		5#北侧防护墙外 30cm 处(5 号手术室）	4.93×10^{-4}	3.81×10^{-4}	1.75×10^{-3}
		6#东侧防护墙外 30cm 处（污物通道）	9.58×10^{-4}	7.41×10^{-4}	3.40×10^{-3}
		7#DSA 机房上方天台	3.40×10^{-4}	2.63×10^{-4}	1.20×10^{-3}
		8#DSA 机房下方康复理疗室	1.84×10^{-4}	1.42×10^{-4}	6.52×10^{-4}
		9#门急诊综合楼	4.64×10^{-5}	3.60×10^{-5}	1.65×10^{-4}

由表 11-11 计算结果可知： DSA 透视时，第一术者位（身体铅衣内）辐射剂量率为 75.8μGy/h，第一术者位（身体铅衣外）辐射剂量率为 468μGy/h，第一术者位（手部）辐射剂量率为 660μGy/h，第二术者位（身体铅衣内）辐射剂量率为 23.3μGy/h，第二术者位（身体铅衣外）辐射剂量率为 145μGy/h，操作室操作位的辐射剂量率为 2.20×10^{-3}μGy/h，机房周边辐射剂量率最大为 3.40×10^{-3}μGy/h。减影时，操作室操作位的辐射剂量率为 0.4μGy/h，机房周边辐射剂量率最大为 0.618μGy/h。

综上，本项目 DSA 在正常运行情况下，机房外控制室、四周防护墙外及防护门外的辐射剂量率均不大于 2.5μSv/h，能够满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)中规定的相关要求（剂量换算系数，Sv/Gy 取 1）。

（2）工作人员及公众个人受照剂量估算

DSA减影曝光时，除存在临床不可接受的情况外工作人员均回到控制室进行操作，DSA透视曝光时，医师在手术间内近台操作，护士和技师通常不在手术间内，因此，该项目主要考虑透视模式下近台操作医师的受照剂量（不考虑摄影模式下近台操作医师的受照剂量）。

根据联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）--2000年报告附录A公式以及居留因子的选取，对各点位处公众及职业人员的年有效剂量进行计算。

$$H_1 = H_0 \cdot T \cdot t \cdot l \cdot 10^{-3} \quad \text{(式 11-4)}$$

式中：H_1—X射线外照射有效剂量，mSv；

H_0—X射线束造成的空气比释动能率，μGy/h；

T—居留因子；

t—X射线年照射时间，h/a；

l—剂量换算系数，Sv/Gy 取 1。

根据医院提供资料显示，本项目 DSA 年减影出束时间为 12.5h，年透视出束时间为 450h。减影时，对于机房外公众及控制室工作人员年照射时间均保守按年总摄影时长 12.5h 计算；透视时，对于机房外公众工作人员年照射时间均保守按年总透视时长 450h 计算，对于控制室工作人员（3 人轮岗）年照射时间均保守按年总透视时长 150h，计算对于机房内介入医师年照射时间保守按单个医生所经历的透视时间均按最长的心内科 38.8h 计算。

本项目的居留因子参照《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121—2020）选取，具体数值见表 11-12。

表 11-12　居留因子的选取

场所	居留因子（T）		示例
	典型值	范围	
全居留	1	1	管理人员或职员办公室、治疗计划区、治疗控制区、护士站、咨询台、有人护理的候诊室以及周边建筑物中的驻留区域
部分居留	1/4	1/2~1/5	1/2：相邻的治疗室、与屏蔽室相邻的病人检查室 1/5：走廊、雇员休息室、职员休息室
偶然居留	1/16	1/8~1/40	1/8：各治疗室门 1/20：公厕、自动售货区、储藏室、设有座椅的户外区域、无人护理的候诊室、病人滞留区域、屋顶、门岗室 1/40：仅有行人车辆来往的户外区域、无人看管的停车场，车辆自动卸货/卸客区域、楼梯、无人看管的电梯

计算结果详见表11-13。

表 11-13　职业人员及公众年有效剂量估算结果

场所	工作模式	关注点位置描述	总辐射剂量率 H_0（μGy/h）	年工作时间 t（h）	居留因子 T	年有效剂量 H_I（mSv）	涉及人员类型
门急诊综合楼裙楼 8 层拟建 DSA 机房	减影	2#南侧防护墙外 30cm 处（污物通道）	4.21×10^{-1}	12.5	4	2.10×10^{-2}	公众人员
		3#操作室操作位	4.00×10^{-1}	12.5	1	5.00×10^{-3}	职业人员
		4#西侧防护门外 30cm 处（洁净走廊）	2.48×10^{-2}	12.5	1	3.10×10^{-4}	公众人员
		5#北侧防护墙外 30cm 处（5 号手术室）	3.18×10^{-1}	12.5	1	3.97×10^{-3}	公众人员
		6#东侧防护墙外 30cm 处（污物通道）	6.18×10^{-1}	12.5	4	3.09×10^{-2}	公众人员

		7#DSA 机房上方天台	2.59×10^{-1}	12.5	16	5.18×10^{-2}	公众人员
		8#DSA 机房下方康复理疗室	1.57×10^{-1}	12.5	4	7.84×10^{-3}	公众人员
		9#门急诊综合楼	2.99×10^{-2}	12.5	1	3.74×10^{-4}	公众人员
	透视	1#第一术者位(铅衣内)	75.8	38.9	1	2.95	职业人员
		1#第一术者位(铅衣外)	468	38.9	1	18.2	职业人员
		1#第一术者位（手部)	660	38.9	1	25.7	职业人员
		1#第二术者位(铅衣内)	23.4	38.9	1	9.12×10^{-1}	职业人员
		1#第一术者位(铅衣外)	145	38.9	1	5.63	职业人员
		2#南侧防护墙外 30cm 处（污物通道)	2.31×10^{-3}	450	4	4.16×10^{-3}	公众人员
		3#操作室操作位	2.20×10^{-3}	150	1	3.30×10^{-4}	职业人员
		4#西侧防护门外 30cm 处（洁净走廊)	7.79×10^{-5}	450	1	3.51×10^{-5}	公众人员
		5#北侧防护墙外 30cm 处（5 号手术室)	1.75×10^{-3}	450	1	7.87×10^{-4}	公众人员
		6#东侧防护墙外 30cm 处（污物通道)	3.40×10^{-3}	450	4	6.12×10^{-3}	公众人员
		7#DSA 机房上方天台	1.20×10^{-3}	450	16	8.67×10^{-3}	公众人员
		8#DSA 机房下方康复理疗室	6.52×10^{-4}	450	4	1.17×10^{-3}	公众人员
		9#门急诊综合楼	1.65×10^{-4}	450	1	7.41×10^{-5}	公众人员

根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）中对于介入放射工作人员穿戴铅围裙估算有效剂量的计算方法，采用公式 11-5 进行估算。

$$E=\alpha Hu+\beta Ho \quad (11\text{-}5)$$

式中：

E——有效剂量中的外照射分量，单位：mSv；

α——系数，有甲状腺屏蔽时，取 0.79，无屏蔽时，**取 0.84**；

β——系数，有甲状腺屏蔽时，取 0.051，无屏蔽时，**取 0.100**；

H_u——铅围裙内佩戴的个人剂量计测得的 Hp（10），单位：mSv；

H_o——铅围裙外锁骨对应的衣领位置佩戴的个人剂量计测得的 Hp（10），单位：mSv。

则第一手术位的受照的有效剂量最大为 3.25mSv/a；第二手术位的受照的有效剂量最大为 1.01mSv/a。

各预测点位年有效剂量估算结果汇总于表11-14。

表11-14　职业人员及公众年有效剂量估算结果

场所	关注点位置描述	减影	透视	年有效剂量	人员类型
		mSv	mSv	mSv	
门急诊综合楼裙楼8层拟建DSA机房	1#第一术者位	5.0×10^{-3}*	3.25	3.25	职业人员
	1#第二术者位	5.0×10^{-3}*	1.01	1.01	职业人员
	2#南侧防护墙外30cm处(污物通道)	2.10×10^{-2}	4.16×10^{-3}	2.31×10^{-2}	公众人员
	3#操作室操作位	5.00×10^{-3}	3.30×10^{-4}	5.50×10^{-3}	职业人员
	4#西侧防护门外30cm处(洁净走廊)	3.10×10^{-4}	3.51×10^{-5}	3.28×10^{-4}	公众人员
	5#北侧防护墙外30cm处（5号手术室)	3.97×10^{-3}	7.87×10^{-4}	4.37×10^{-3}	公众人员
	6#东侧防护墙外30cm处(污物通道)	3.09×10^{-2}	6.12×10^{-3}	3.40×10^{-2}	公众人员
	7#DSA机房上方天台	5.18×10^{-2}	8.67×10^{-3}	3.39×10^{-2}	公众人员
	8#DSA机房下方康复理疗室	7.84×10^{-3}	1.17×10^{-3}	5.10×10^{-3}	公众人员
	9#门急诊综合楼	3.74×10^{-4}	7.41×10^{-5}	1.14×10^{-3}	公众人员
*注：减影模式下，手术医护人员退出介入机房，进入控制室，因此减影模式下需考虑手术医护人员在控制室内的受照剂量，受照剂量保守同控制室工作人员的受照剂量考虑。					

（3）工作人员手部当量剂量估算

手术医生在DSA机房内进行介入手术时，会穿戴铅衣、铅眼镜等防护用品，但是仍然有部分佩服暴露在射线下受到照射，在手术过程中，手术医生手部距离射线最近，因X射线随距离的增加呈现衰减趋势，故以手术医生手部剂量估算结果进行核算医护人员皮肤照射年有效剂量的估算。

（3）工作人员手部当量剂量估算

根据《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ/T244-2017）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），有辐射场空气比释动能率信息时，皮肤吸收剂量用下式进行估算：

$$D_S = C_{KS}(\dot{k} \bullet t) \bullet 10^{-3} \quad (11\text{-}6)$$

$$H = D_S \cdot W_R \quad (11\text{-}7)$$

式中：

D_S：皮肤吸收剂量（mGy）；

C_{KS}：空气比释动能到皮肤吸收剂量的转换系数（mGy/mGy），根据《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ/T244-2017）表A.5，保守取0.07MeV~0.15MeV中最大值1.156mGy/mGy；

$\dot{k}$：X、γ辐射场的空气比释动能率（μGy/h），为 330μGy/h；

t：人员累积受照时间，h，单个医生最大年受照时间为 77.7h；

H：皮肤的当量剂量，mSv；

W_R：辐射权重因数，X 射线取 1。

根据式 11-6 和 11-7 计算得医生手部皮肤受到的当量剂量为 29.6mSv/a, 满足本项目辐射工作人员手部当量剂量不高于 125mSv/a 的当量剂量约束值要求。

由上述计算结果可知：本项目 DSA 在正常运行时，机房内职业人员受照的最大有效剂量为 3.25mSv/a，DSA 机房控制室内职业人员受照的最大有效剂量为 5.50×10^{-3}mSv/a，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对职业人员要求的剂量限值 20mSv/a 和本项目职业照射剂量约束值 5mSv/a 的要求；医生手部受照的当量剂量为 29.6mSv/a，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对职业人员四肢要求的当量剂量限值 500mSv/a 和本项目当量剂量约束值 125mSv/a 的要求。

DSA 机房周围公众人员受照的有效剂量最大为 3.40×10^{-2}mSv/a，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对公众要求的剂量限值 1mSv/a 和本项目公众照射剂量约束值 0.1mSv/a 的要求。由此说明，本项目 DSA 机房的防护设计满足要求，其正常运行后产生的辐射影响在标准允许的范围以内。

上述估算仅是理论推算，实际应用时，工作人员的受照剂量应以佩戴的个人剂量剂检测结果为准。

（4）DSA 运营期臭氧影响分析

DSA 机房拟动力排风系统进行通风，排风量约 $1000m^3/h$，通风换气次数 6 次/h。DSA 机房内空气中氧受 X 射线电离而产生臭氧，臭氧其产率和浓度可用下面公式分别计算。

$$Qo=6.5\times10^{-3}G\cdot So\cdot R\cdot g \quad （式 11-10）$$

式中：

Qo—臭氧产率 mg/h；

G—射束在距离源点 1m 处的剂量率 $Gy\cdot m^2/h$，本项目 DSA 取 $162Gy\cdot m^2/h$；

So—射束在距离源点 1m 处的照射面积 m^2，取 $0.01m^2$；

R—射束源点至机房内壁距离，m，取 4m；

g—空气每吸收 100eV 辐射能量产生 O^3 的分子数，本项目取 10。

经计算，臭氧产率为 4.21×10^{-1}mg/h。

室内臭氧饱和浓度由下式计算：

$$C=QoTv/V \qquad (式\ 11\text{-}11)$$

式中：

C—室内臭氧浓度，mg/m³；

Qo—臭氧产率 mg/h；

Tv—臭气有效清除时间，h；

V—治疗室空间体积，DSA 机房为 54.75m³。

$$Tv=\frac{t_v t_a}{t_v+t_a} \qquad (式\ 11\text{-}12)$$

式中：

tv—每次换气时间，0.1h（保守考虑，通风次数 6 次/h）；

tα—臭氧分解时间，取值为 0.83h。

经上述计算得 DSA 机房内臭气平衡浓度约为 6.84×10^{-4}mg/m³，满足臭氧室内浓度限值《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）中“臭氧最高容许浓度 0.3mg/m³”的要求。因此，本项目产生的臭氧经通排风系统收集后最终引至门急诊综合楼顶楼排放，经自然分解后，可达标排放，对周围环境影响较小。

11.2.3运营期水环境、固体废弃物、声环境、废气影响分析

（1）运营期水环境影响分析

本项目废水总产生量约 484.5m³/a（1.93m³/d）。医院门急诊综合楼污水处理站设计处理能力为 400m³/d，可容纳本项目产生的生活污水和医疗废水。

本项目医护人员产生的生活污水及手术器械清洗产生的医疗废水进入医院门急诊综合楼污水处理站预处理达标后接入道路市政管网，最终经绵阳市塔子坝污水处理厂处理达标后排入涪江。对区域水体环境影响较小。因此依托医院现有污水处理站处理本项目医疗废水是可行的。

（2）运营期固体废弃物影响分析

①本项目 DSA 采用数字成像，无废胶片产生；

②本项目每年约产生医疗废物 480kg，采用专门的收集容器收集后，以不低于 1 次/天的频率转移至医院医疗废物暂存间；按照医疗废物执行转移联单制度，医院已与绵

阳市卫生卫生管理处签订了医疗废物集中处置服务协议，由该公司负责医院医疗废物的转运和处置；

③医护人员产生的生活垃圾不属于医疗废物，本项目职工生活垃圾产生量约为 2t/a。生活垃圾集中收集并交由环卫部门统一清运。本项目产生的固体废物经妥善处理后对周围环境影响较小。

（3）声环境影响分析

本项目设备选用低噪声设备，噪声源强一般小于 65dB（A），噪声源主要为风机噪声。通过设置隔声减振措施，经降噪措施及距离衰减后，运行期间场界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2 类标准要求，对周围环境影响很小。

（4）大气环境影响分析

本项目 DSA 机房内设有动力通风系统，产生的少量臭氧经排风管道排出室外，常温下自行分解为氧气，对环境影响很小。

11.3事故影响分析

11.3.1风险识别

本项目为“使用Ⅱ类射线装置”核技术应用项目，营运中存在着风险和潜在危害及事故隐患。

（1）事故等级

根据《放射源同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第449号），辐射事故从重到轻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，见表11-15。

表 11-15　国务院令第 449 号辐射事故等级分级一览表

事故等级	危害结果
特别重大辐射事故	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	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	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	导致人员受到超过年剂量限值的照射。

根据《实用辐射安全手册》（第二版）（丛慧玲，北京：原子能出版社）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，见表11-16。

表11-16　急性放射病的发生率、死亡率与辐射剂量的关系

辐射剂量/Gy	急性放射病发生率%	辐射剂量/Gy	死亡率%

0.70	1	2.00	1
0.90	10	2.50	10
1.00	20	2.80	20
1.05	30	3.00	30
1.10	40	3.20	40
1.20	50	3.50	50
1.25	60	3.60	60
1.35	70	3.75	70
1.40	80	4.00	80
1.60	90	4.50	90
2.00	99	5.50	99

（2）源项分析

参考国内外类似项目运营中的资料及国内相关场所的实际考查，现将项目运营中可能出现概率较大或后果较严重的事故分类如表11-17。

表 11-17　本项目射线装置的环境风险因子、潜在危害

装置名称	环境风险因子	可能发生辐射事故的意外条件
DSA—Ⅱ类射线装置	X射线	①装置在运行时，由于门灯联锁系统失效，人员误入或滞留在机房内而造成误照射；工作人员或病人家属还未全部撤离治疗机房，控制室人员启动设备，造成滞留人员的误照射； ②工作人员误操作，在没有关闭防护门的情况下，进行DSA出束操作，对门外人员造成误照射以及维修射线装置时，维修人员受意外照射。

11.3.2事故工况下辐射影响分析

（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；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。

剂量估算：

根据前文分析，本项目DSA主束方向有成像板遮盖，因此人员在主束方向直接照射概率极小。在上述条件下，该误入人员所受剂量主要来自病人体表的散射辐射和设备泄漏辐射。根据上文式11-2，透视模式下距病人体表1m处的散射辐射剂量率为1.32×10^{3}μGy/h。DSA距靶点1m处的泄漏辐射在空气中的比释动能率不超过1×10^{3}μGy/h（考虑本项目双球管同时出束，本次按计算取最2×10^{3}μGy/h），故距靶1m处的剂量率为

3.32×10^{3}μGy/h。

表11-18　非主射方向不同距离不同受照时间所致人员剂量 单位：mGy

受照时间 / 距离	0.5min	1min	2min	5min	10min
0.5m	1.11×10^{-1}	2.21×10^{-1}	4.43×10^{-1}	1.11	2.21
1m	2.77×10^{-2}	5.53×10^{-2}	1.11×10^{-1}	2.77×10^{-1}	5.53×10^{-1}
2m	6.92×10^{-3}	1.38×10^{-2}	2.77×10^{-2}	6.92×10^{-2}	1.38×10^{-1}
3m	3.07×10^{-3}	6.15×10^{-3}	1.23×10^{-2}	3.07×10^{-2}	6.15×10^{-2}

事故后果：

假定该人员在距靶0.5m处停留时间为10min，根据上述条件，对照上表11-18，得出术中误照人员受照剂量约为2.21mGy/人·次。

在上述事故情景假设条件下，受X射线源误照人员年剂量已超过公众年剂量限值，属于一般辐射事故。

（2）医用射线装置在检修、维护等过程中，检修、维护人员在未佩戴个人剂量报警仪或报警仪剂量阈值设置错误的情况下，检修、维护人员误操作，造成有关人员受到主射方向的误照射。

剂量估算：

采用本项目DSA的透视工况（电压为90kV，电流为15mA）进行估算，透视工况距靶点1m处的最大剂量率为4.05×10^{6}μGy/h（考虑本项目双球管同时出束，本次按计算取8.10×10^{6}μGy/h），以此来计算不同照射时间、不同照射距离下主束方向人员受照剂量。本DSA机房治疗床设置有急停开关，主束线照射时间一般不会超过1min。

表11-19　主射方向不同距离不同受照时间所致人员剂量 单位：Gy

受照时间 / 距离	0.5min	1min
0.5m	0.27	0.54
1m	6.75×10^{-2}	0.14
2m	1.69×10^{-2}	3.38×10^{-2}
3m	7.5×10^{-3}	1.50×10^{-2}

事故后果：

维护人员位于距靶1m处，停留时间1min，根据上述条件，对照上表11-19，得出维护人员受照剂量为0.14Gy/人·次。

在上述事故情景假设条件下，受X射线源误照人员年剂量已超过职业人员年剂量限

值，属于一般辐射事故。

11.3.3 辐射事故应急处理及报告

发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取应急措施，并在两小时内填写初始报告，向生态环境主管部门报告。若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。

一旦发生辐射事故，应按以下基本原则进行处理：

（1）第一时间断开电源，停止 X 射线的产生。

（2）及时检查、估算受照人员的受照剂量，根据估算结果，必要时及时安置受照人员就医检查。

（3）及时处理，出现事故后，应尽快集中人力、物力，有组织、有计划的进行处理，可缩小事故影响，减少事故损失。

（4）事故处理后应整理资料，及时总结报告。医院对于辐射事故进行记录：包括事故发生的时间和地点，所有涉及的事故责任人和受害者名单；对任何可能受到照射的人员所做的辐射剂量估算结果；所做的任何医学检查及结果；采取的任何纠正措施；事故的可能原因；为防止类似事件再次发生所采取的措施。

11.3.4 辐射事故预防措施

事故预防措施主要包括辐射安全管理和设备固有安全设施两方面。

（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做好设备日常安全检查与维护，保持设备良好的工作状态；

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》，当本项目DSA发生辐射事故时，应立即启动应急预案，采取措施，并立即向当地生态环境主管部门、公安部门、卫生主管部门报告。

（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，在辐射安全管理方面也采取了相应措施，在安全工作中发挥约束和规范作用，其主要内容有：

①建立全院辐射安全管理领导小组，组织管理医院的安全工作。

②加强人员的培训，考试（核）合格、持证上岗。

③建立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制定全院辐射事故处理预案、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。

⑤外购的造影剂均采用不锈钢药品柜单独密闭并加锁保存，钥匙交专人保管；在进行介入手术时，使用带托盘的不锈钢推车进行运送；未使用完和过期的造影剂均作为医疗废物处理。

（3）设备维修辐射事故防范措施

①维修人员进入机房前，必须确认射线装置未出束，如设备配有控制钥匙，需拔出控制钥匙，同时应携带个人剂量报警仪。

②调试和维修时须在控制室外设置醒目的警示牌。

③设备维修应由维修资格的人员操作，并按其操作规范进行操作。

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

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据医院提供的资料，医院已按照《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》等有关法律法规，结合卫生、生态环境主管部门的要求，成立了辐射安全防护管理小组，落实安全责任制度，并明确了相关成员名单及职责（详见附件 6）。

文件中明确了管理小组成员组成及相关职责，故建设单位原有辐射安全与环境保护管理机构能够满足本项目辐射安全管理工作的需求，在核技术利用项目运行过程中，建设单位应根据人事变动情况及时调整机构组成。

12.2 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人员配置

医院现有辐射工作人员 90 名。本项目工作人员由医院从外部招聘，负责本项目 DSA 操作。本项目拟配置 21 名工作人员，其中，12 名手术医生，手术医生根据手术类型进行调配，轮岗安排手术；6 名护士，轮岗安排手术；控制室配备 3 名技师，轮岗安排操作。医院应为本项目介入手术医生和护士配备双个人剂量计，技师配 1 支个人剂量计，为铅衣外个人剂量计。每三个月委托有资质单位进行个人剂量监测，并建立个人剂量收发记录和个人剂量档案。

②目前医院现有辐射工作人员均配备了个人剂量计。每三个月委托有资质单位进行个人剂量监测，并建立个人记录收发记录和个人剂量档案。

③医院已委托有资质单位承担辐射工作人员个人剂量的检测工作，由专门部门负责辐射工作人员个人剂量档案管理。

（2）辐射工作人员能力培养方面还需从以下几个方面加强：

①医院应严格执行辐射工作人员培训制度，组织辐射工作人员及相关管理人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（http://fushe.mee.gov.cn/）上进行培训学习并报名参加相应类别的考核，经考核合格后方可上岗，并定期复训，III 类射线装置相关辐射人员应及时参加医院内部组织的 III 类射线装置相关辐射防护培训。

②个人剂量档案管理人员应将每季度的检测结果告知辐射工作人员，如发现结果异

常，将在第一时间通知相关人员，查明原因，形成书面调查报告，并解决发现的问题。

12.3 辐射安全管理规章制度

（1）档案分类管理

医院应对相关资料进行分类归档，主要包括以下九大类：“制度文件”、“环评资料”、“许可证资料”、“射线装置台账”、“监测和检查记录”、“个人剂量档案”、“培训档案”、“辐射应急资料”、“废物处置记录”。

（2）已建立的规章制度

本项目涉及使用Ⅱ类射线装置，医院现已有较为完善的规章制度。根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》“第十六条”和《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲》（川环函[2016]1400 号）的相关要求，将医院现有制度进行对照分析，具体情况详见下表。

表 12-1　本项目辐射管理制度汇总对照分析表

序号	项目	规定的制度	落实情况	备注
1	场所	辐射安全与环境保护管理机构文件	已制定	/
2		辐射安全管理规定	已制定	/
3		辐射工作设备操作规程	已制定	/
4		辐射安全和防护设施维护维修制度（包括机构人员、维护维修内容与频度、重大问题管理措施、重新运行审批级别等）	已制定	需完善
5		放射性同位素与射线装置台账管理制度	已制定	/
6	监测	监测方案	已制定	需完善
7		监测仪表使用与校验管理制度	已制定	/
8	人员	辐射工作人员个人剂量管理制度	已制定	/
9		辐射工作人员培训/再培训制度	已制定	需完善
10		辐射相关人员岗位职责	已制定	/
11	应急	辐射事故/事件应急预案	已制定	需完善
12	其他	质量保证大纲与质量控制检测计划	已制定	/

根据《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》要求，《辐射安全管理规定》、《辐射工作人员岗位职责》、《放射工作设备操作规程》和《辐射事故应急预

案》应悬挂于辐射工作场所。上墙制度的内容应体现操作性和实用性，字体应醒目，尺寸应不小于 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的新的相关法规内容，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。建设单位在按照环评要求对制度、人员、场所、设施等进行补充完善后，项目符合辐射安全及环境保护要求。

12.4 辐射监测

辐射监测是安全防护的一项必要措施，通过辐射剂量监测得到的数据，可以分析判断和估计电离辐射水平，防止人员受到过量的照射。根据实际情况，项目建设单位需建立辐射剂量监测制度，包括工作场所监测和个人剂量监测。

12.4.1 工作场所监测

年度监测：委托有资质的单位对辐射工作场所的剂量进行监测，监测周期为 1 次/年。年度监测报告应作为《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。

自行监测：定期自行开展辐射监测（也可委托有资质的单位进行自行监测），制定各工作场所的定期监测制度，1 次/月，自行监测报告应存档备查。

12.4.2 个人剂量监测

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，个人剂量检测频率为每三个月一次。本项目介入手术医生和护士均配备铅衣内外双个人剂量计；技师配 1 支个人剂量计，为铅衣外个人剂量计。

（1）医院应每三个月将个人剂量计送往有资质的单位进行检测。如果在单个监测周期出现个人剂量超过 1.25mSv 时，医院需进行剂量异常原因调查，最终形成正式调查报告，并经当事人签字。年剂量超过 5mSv 的剂量约束值时，医院应暂停该辐射工作人员继续从事放射工作，并进行剂量异常原因调查，最终形成正式调查报告，经当事人签字，上报生态环境主管部门。年剂量超过 20mSv 剂量限值时，构成辐射事故，医院立即启动应急预案，采取必要的防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，由辐射安全防护领导小组上报生态环境主管部门。检测报告及有关调查报告应存档备查。

（2）个人剂量检测报告（连续四个季度）应当连同年度监测报告一起作为《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。

（3）辐射工作人员个人剂量档案内容应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等信息，个人剂量档案需终生保存。

根据医院现有辐射工作人员《个人剂量检测报告》（见附件 10），医院现有辐射工作人员年剂量最大值为 1.25mSv，未超过 5mSv，且无单季度个人剂量超过 1.25mSv 的情况，符合管理要求。

12.4.3 监测内容和要求

（1）监测内容：X-γ辐射周围剂量当量率。

（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 12-2）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，并建立监测数据台账以便核查。

表 12-2　工作场所监测计划建议表

监测类别	工作场所	监测因子	监测频度	监测设备	监测范围	监测类型
年度监测	DSA机房	X-γ辐射周围剂量当量率	1次/年	按照国家规定进行计量检定	防护门外、门缝、观察窗、控制室操作位、各侧屏蔽墙外30cm处、顶棚上方距顶棚地面100cm处，管线洞口及周围需要关注的监督区	委托有资质单位监测
日常监测			每月1次			自行监测

（3）监测质量保证

①制定监测仪表使用、校验管理制度，并利用监测部门的监测数据与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；也可到有资质的单位对监测仪器进行校核；

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制定辐射环境监测管理制度。

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。医院应做好监测数据的审核，并制定相应的报送程序，监测数据及报送情况应存档备查。

12.5 竣工环境保护验收

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），建设单位是建设项目环境保护验收的责任主体，本项目竣工后，建设单位应按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》规定的程序和标准，组织对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，验收报告分为验收监测（调查）报告、验收意见和其他需要说明的事项等三项内容。

建设单位应如实查验、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。建设单位不具备编制验收监测（调查）报告能力的，可以委托有能力的技术机构编制。验收监测（调查）报告编制完成后，建设单位应当根据验收监测（调查）报告结论，逐一检查是否存在验收不合格的情形，提出验收意见。存在问题的，建设单位应当进行整改，整改完成后方可提出验收意见。为提高验收的有效性，在提出验收意见的过程中，建设单位可以组织成立验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式，协助开展验收工作。验收工作组可以由设计单位、施工单位、环境影响报告书（表）编制机构、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组成，代表范围和人数自定。环保设施的验收期限一般不超过 3 个月；需要对环境保护设施进行调试或者整改的，验收期限最长不超过 12 个月。

12.6 年度评估

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。

医院已按照《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）规定的格式每年编写《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》，并于每年 1 月 31 日前在“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。本项目建成后，医院应将本项目辐射工作场所纳入现有年度评估报告，按期向发证机关提交年度评估报告。

12.7 辐射事故应急

12.7.1 应急预案的要求

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十一条对辐射事故应急预案

内容的要求，辐射事故应急预案应当包括下列内容：

（1）应急机构和职责分工；

（2）应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；

（3）辐射事故分级与应急响应措施；

（4）辐射事故的调查、报告和处理程序。

12.7.2 医院现有应急预案

为了应对辐射事故和突发事件，医院已按要求制定了《绵阳市中医医院辐射事故应急处理预案》，并成立了放射事件应急处理领导小组。该领导小组负责组织制定医院辐射事故应急处理预案和组织协调辐射事故应急处理工作。

医院既有辐射事故应急预案包括了下列内容：①应急组织及职责、②应遵循的原则、③事故应急处理程序。

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》相关规定：应急预案中还应补充以下内容：

①应急组织及职责：含辐射事故应急指挥领导小组构成，相关科室、部门工作职责。

②应急人员的培训及应急响应练习：应急人员应进行辐射安全知识的培训；医院应每半年组织一次辐射事故应急响应演习，确保各部门在事故发生后，有组织有条理的应对；

③应急物资：包括通讯设备、应急响应文件、救助的装备、资金、物资准备等；

④辐射事故分级：根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级；

⑤放射事件应急响应处理：含辐射事故报告，辐射事故调查处理，后期处置，辐射事故应急值班电话；

⑥应急预案的解除

经核实，医院未发生过辐射环境污染事件。医院应当根据以上要求，完善应急预案相关内容，在今后预案实施过程中，应根据国家新发布的相关法规内容，结合医院实际及时对预案进行补充修改，使之更能符合实际需要。

12.8 从事辐射活动能力评价

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条规定，使用放射性同

位素的单位应具备相应的条件，本项目建设单位从事辐射活动能力评价见表 12-3。

表 12-3 本项目建设单位从事辐射活动能力对照表

应具备条件	落实情况
（一）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	已成立辐射安全防护管理小组，满足要求
（二）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	本项目涉及辐射工作人员均为新增人员，医院应及时组织本项目辐射工作人员参加培训和考核，并取得合格证书，执行后满足要求
（三）使用放射性同位素的单位应当有满足辐射防护和实体保卫要求的放射源暂存库或设备	不涉及
（四）放射性同位素与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要求的安全措施	本项目拟按要求建设专用机房，实体屏蔽符合要求，拟设有急停开关和对讲系统，拟设有工作警示灯及电离辐射警告标志，满足要求
（五）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，包括个人剂量监测报警、辐射监测等仪器。使用非密封放射性物质的单位还应当有表面污染监测仪	医院拟配备 1 台便携式 X-γ 辐射巡测仪、医院根据相关要求及工作实际需要拟配备工作人员使用的铅衣等防护用品和配备患者使用的辅助防护用品。根据要求配备个人剂量计，满足要求
（六）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、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等	已制订或需完善，运行前补充相关制度，满足要求
（七）有完善的辐射事故应急措施	已制订，需完善，完善后满足要求
（八）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	不涉及

综上所述，绵阳市中医医院在严格执行相关法律法规、标准规范等文件，严格落实各项辐射安全管理、防护措施的前提下，其从事辐射活动的技术能力符合相关法律法规的要求。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

（1）项目名称：绵阳市中医医院新增数字减影（DSA）血管造影（双 C）装置建设项目

（2）建设单位：绵阳市中医医院

（3）建设性质：改建

（4）建设地点：绵阳市涪城区涪城路 14 号绵阳市中医医院门急诊综合楼裙楼 8 层。

本次评价内容与规模：医院拟将绵阳市涪城区涪城路 14 号门急诊综合楼裙楼 8 层 1 间预留机房改造为 DSA 机房及配套功能用房，门急诊综合楼主楼地上 20 层，地下 2 层；门急诊综合楼裙楼地上 8 层，西侧裙楼 5 层，地下 2 层，楼顶为可上人天台。经与医院核实，本次拟使用的 DSA 设备型号未定，只能确定该设备为双管头 X 射线机，垂直球管主射线方向由下向上照射，水平球管主射线方向水平四周照射，减影及透视模式下两个球管可以同时出束，最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA，属于Ⅱ类射线装置。

DSA 机房有效使用面积为 54.75m^2（7.5m×7.3m），配套功能用房为 1 间控制室有效使用面积 7.8m^2），1 间设备间（有效使用面积 5.6m^2）。

DSA 机房四侧墙体依托原有龙骨钢架+2mm 铅板，在此基础上新增 1mm 铅板作为屏蔽材料；顶棚依托原有 18cm 钢筋混凝土，再新增 1mm 铅板作为屏蔽材料；地坪依托原有 18cm 钢筋混凝土，再新增 10mm 防护涂料作为屏蔽材料；新增防护门（2 套），为 4.0mmPb 防护门；新增门上观察窗（1 套），为 4.0mmPb 铅玻璃。

13.1.2 产业政策符合性

本项目属于国家发展和改革委员会制订的《产业结构调整指导目录（2019年本）》（2021年修改）中第十三项“医药”中第五条“新型医用诊断医疗仪器设备和试剂、**数字化医学影像设备**，人工智能辅助医疗设备，高端放射治疗设备，电子内窥镜、手术机器人等高端外科设备，新型支架、假体等高端植入介入设备与材料及增材制造技术开发与应用，危重病用生命支持设备，移动与远程诊疗设备，新型基因、蛋白和细胞诊断设备”项目，为国家鼓励类产业，符合国家现行产业政策。

13.1.3 代价利益分析

本项目的建设可以更好地满足患者就诊需求，提高对疾病的诊治能力。核技术应用项目的开展，对保障人民群众身体健康、拯救生命起了十分重要的作用。医院在放射诊断和放射治疗过程中，对射线装置的使用将按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，对射线装置的安全管理将建立相应的规章制度。因此，在正确使用和管理射线装置的情况下，可以将该项目辐射产生的影响降至尽可能小。本项目产生的辐射给职业人员、公众及社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术应用实践具有正当性，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“实践的正当性”原则。

13.1.4 本项目选址合理性分析

本项目拟将院内门急诊综合楼裙楼8层1间预留机房改造为 DSA 机房及配套功能用房，并使用1台 DSA。门急诊综合楼主楼地上20层，地下2层；门急诊综合楼裙楼地上8层，西侧裙楼5层，地下2层，楼顶为不上人天台。《绵阳市中医医院门急诊综合楼二期项目环境影响报告表》已于2013年3月14日取得绵阳市环境保护局批复，批复文号为：绵环审批[2013]52号。因此，本项目所在地用地性质为医疗用地，符合绵阳市城市总体规划。医院周围为商住区，交通较为便捷，能为周围居民提供方便的就医设施。

本项目 DSA 机房东侧约 0~2m 为污物通道，约 2~45m 为院内道路，约 45~50m 为涪城路；南侧约 0~2m 为污物通道，约 2~40m 为院内空地，约 40~50m 为成绵路；西侧约 0~10m 为本项目控制室、设备间及通道，约 10~25m 为门急诊综合楼主楼，约 25~80m 为院内空地；北侧约 0~45m 为其他手术室及配套用房，约 45~50m 为门急诊综合楼主楼。

本项目拟建机房选址于单层建筑内，根据医院整体规划情况将放射机房集中设置，辐射工作场所边界外 50m 评价范围内主要为医院建筑物和道路，无居民区、自然保护区、保护文物、风景名胜区、水源保护区等环境敏感点，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和人员的影响满足标准要求，因此选址是合理的。

13.1.5 工程所在地区辐射质量现状

由上述监测结果可知，本项目 DSA 机房及周边室内 X-γ辐射剂量率范围为 57nGy/h~61nGy/h（已扣除仪器对宇宙射线的响应值 27nGy/h），因此，未扣除宇宙射

线响应值时本项目 DSA 机房及周边室内 X-γ辐射剂量率范围为 84nGy/h~88nGy/h；室外 X-γ辐射剂量率范围为 55nGy/h~63nGy/h（已扣除仪器对宇宙射线的响应值 27nGy/h），因此，未扣除宇宙射线响应值时本项目 DSA 机房及周边室内 X-γ辐射剂量率范围为 82nGy/h~90nGy/h。由中华人民共和国生态环境部《2020 全国辐射环境质量报告》(2021 年 6 月）可知，四川省空气吸收剂量率年均值范围为 67.5nGy/h~121.3nGy/h（未扣除仪器对宇宙射线的响应值），因此项目所在地的天然贯穿辐射水平属于当地正常天然本底辐射水平。

13.1.6 环境影响评价结论

（1）辐射环境影响

经理论计算，本项目 DSA 在正常运行情况下，机房外控制室、四周防护墙外及防护门外的辐射剂量率均能够满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)中规定的屏蔽体外表面 30cm 处剂量率不大于 2.5μSv/h 的管控限值水平。在正常工况下，对公众造成的有效剂量低于 0.1mSv 的年公众照射剂量约束值；手术医生和护士身体最大年有效剂量低于 5mSv 的年剂量约束值；手术医生手部皮肤受到的最大年当量剂量低于 125mSv 的年当量剂量约束值。

（2）大气环境影响

本项目无放射性废气产生。本项目产生的非放射性废气主要为臭氧和氮氧化物，DSA 机房内设有动力通风系统，排风量约 1000m^3/h，通风换气次数 6 次/h。产生的少量臭氧经排风管道排出室外，常温下自行分解为氧气，对环境影响很小。

（3）水环境影响

本项目无放射性废水产生。本项目产生的非放射性废水主要为生活污水和医疗废水，废水进入医院门急诊综合楼污水处理站污水预处理池、一级强化处理+二氧化氯消毒处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表 2 预处理排放标准要求后接入道路市政管网，最终经绵阳市塔子坝污水处理厂处理达标后排入涪江。本项目的下水道应进行地面硬化处理等防渗措施，防止污染地下水。

本项目对水环境的影响符合国家标准的要求。

（4）固体废物环境影响

本项目不产生放射性固废。本项目产生的非放射性固废为医疗废物，采用专门的收集容器分类收集后，转移至医院医疗废物暂存间，按照医疗废物执行转移联单制度，委

托绵阳市卫生管理处处置处置。生活垃圾、办公垃圾由医院进行统一集中收集后，交由当地环卫部门清运。

本项目固体废物对环境的影响符合国家标准的要求。

（5）声环境影响

本项目噪声源主要为通排风噪声，设备选用低噪声设备，噪声源强一般小于 65dB（A），并设置隔声减振措施，远离医院边界布置，经降噪措施及距离衰减作用，运行期间场界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2 类标准要求。

13.1.7 辐射防护措施符合性分析

DSA机房的四侧墙体、顶棚等均设计了满足防护要求的屏蔽体厚度。机房内拟配置辐射工作人员和患者个人防护用品；机房设置自动闭门装置和防夹装置，防护门上方设置工作状态指示灯，并与机房门联锁；防护门外拟设置电离辐射警告标志。设备设置急停开关，设置对讲装置等，辐射安全防护措施配置满足相关要求。

13.2 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后，本评价认为，本项目的建设，从环境保护和辐射防护角度看是可行的。

13.3 建议和承诺

（1）认真学习贯彻国家相关的环保法律、法规，不断提高遵守法律的自觉性和安全文化素养，切实做好各项环保工作。

（2）医院应严格按照本环评相关要求进行建设，若发生变化，医院应及时上报生态环境主管部门，按要求履行相关环保手续。

（3）医院承诺按照相关法律法规要求严格履行环评制度、辐射安全许可制度；本项目竣工后，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）的要求自行验收，加强环保档案管理，由专人或兼职人员负责。

（4）在实施诊治之前，应事先告知患者或被检查者辐射对健康的潜在影响。

（5）本次报告表取得批复后，医院应重新申领辐射安全许可证，并登录全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：http://rr.mee.gov.cn/），对所用射线装置的相关信息进行填写。

（6）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日前上报发证机关，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培训情况；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存在的安全隐患及其整改情况；⑦其它有关法律、法规规定的落实情况。

（7）一旦发生辐射安全事故，立即启动应急预案并及时报告生态环境主管部门。

表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见：   公 章 经办人　　年　月　日
审批意见：   公 章 经办人　　年　月　日