

核技术利用建设项目

宜宾罗氏骨科医院有限责任公司医用血管
造影装置（DSA）搬迁项目

环境影响报告表

（公示本）

宜宾罗氏骨科医院有限责任公司

二〇二六年九月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

宜宾罗氏骨科医院有限责任公司

医用血管造影装置（DSA）搬迁项目

环境影响报告表

建设单位：宜宾罗氏骨科医院有限责任公司

建设单位法人代表（签名或签章）：罗敏

通讯地址：宜宾市翠屏区白花镇华新街 261 号

邮政编码：644603

联系人：张晓冬

电子邮件：474971050@qq.com

联系电话：19981506618

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	- 14 -
表 4	射线装置	- 15 -
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）	- 16 -
表 6	评价依据	- 17 -
表 7	保护目标与评价标准	- 19 -
表 8	环境质量和辐射现状	- 22 -
表 9	项目工程分析与源项	- 27 -
表 10	辐射安全与防护	- 37 -
表 11	环境影响分析	- 50 -
表 12	辐射安全管理	- 71 -
表 13	结论与建议	- 80 -

表 1 项目基本情况

建设项目名称		宜宾罗氏骨科医院有限责任公司医用血管造影装置（DSA）搬迁项目			
建设单位		宜宾罗氏骨科医院有限责任公司			
法人代表	罗敏	联系人	张晓冬	联系电话	19981506618
注册地址		四川省宜宾市翠屏区白花镇华新街 261 号			
项目建设地点		四川省宜宾市翠屏区白花镇华新街 261 号宜宾罗氏骨科医院有限责任公司综合楼一层 DSA 机房			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）		60	项目环保投资（万元）	12.88	投资比例（环保投资/总投资） 21.5%
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其他			占地面积（m ² ） 约 150
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I类 ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
		☐ 使用	☐ I类（医疗使用） ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物		
		☐ 销售	/		
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙		
	射线装置	☐ 生产	☐ II类 ☐ III类		
		☐ 销售	☐ II类 ☐ III类		
		☒ 使用	☒ II类 ☐ III类		
	其他	/			

项目概述

一、建设单位情况

宜宾罗氏骨科医院有限责任公司（曾用名：宜宾县骨科医院；社会信用代码：915115214520860953，后文均简称“医院”），始建于 1992 年，位于宜宾市翠屏区白花镇，是宜宾市唯一建在乡镇的县级骨科专科医院。1999 年，医院改制为股份制医院，并更名为“宜宾和康白花骨科医院”。2001 年医院被四川省中医药管理局评为“四川省骨髓炎重点专科（专病）单位”，以骨伤、骨病诊治为特色，同时开设内儿科、外科、针灸理疗科等疾病的诊治。2022 年，宜宾罗氏骨科医院有限责任公司通过控股及合作方式参与宜宾和康白花骨科医院的运营，医院营

业执照以宜宾罗氏骨科医院有限责任公司为名。

（一）项目由来

医院为进一步提升医疗技术水平与诊疗服务能力，满足区域日益增长的就诊需求，于 2023 年启动医疗综合楼扩建项目，在扩建施工期间，为保障介入诊疗服务的开展，医院利用院内一层会议室临时改建 DSA 机房 1 间及配套辅助用房区域作为过渡场所，配置 1 台 CGO-2100 Plus 型数字减影血管造影装置（DSA），属于 II 类射线装置，额定管电压 125kV、额定管电流 1000mA，用于开展介入诊疗工作。该过渡机房建设项目已于 2025 年 7 月取得环评批复（宜环函〔2025〕78 号），并于 2026 年 1 月通过竣工环境保护验收。

目前，医院医疗综合楼已建成投用，楼内一层规划拟建有 DSA 机房及配套控制室、设备间、辅助功能用房，其硬件条件、防护标准、诊疗环境均优于过渡机房，可满足长期、规范化、多学科介入诊疗工作需求。为此，综合楼一层 DSA 介入场所建成后，医院拟将过渡性机房内 DSA 设备整体搬迁至医疗综合楼一层 DSA 机房内使用，原过渡场所同步停用、不再承担介入诊疗功能，以进一步优化资源配置、规范射线装置使用管理，持续提升区域介入诊疗服务水平。

（二）编制目的

根据《中华人民共和国生态环境法典》、《放射性同位素和射线装置安全和防护条例》（中华人民共和国国务院令第 449 号）和四川省生态环境厅关于印发《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引（2025 年版）》的通知（川环函〔2025〕616 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）的相关规定，本项目属于“第五十五——172 条 核技术利用建设项目中使用 II 类射线装置”，本项目应编制环境影响报告表，根据四川省生态环境厅关于印发《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），本项目应报宜宾市生态环境局审查批准。因此，宜宾罗氏骨科医院有限责任公司委托四川叙欣环保科技有限公司对本项目开展环境影响评价工作（委托书见附件 1）。

我公司在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，对项目对环境可能造成的影响、项目单位从事相应辐射活动的 ability、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，编制完成本报告表。

二、本项目建设内容

（一）工程概况

项目名称：宜宾罗氏骨科医院有限责任公司医用血管造影装置（DSA）搬迁项目

建设单位：宜宾罗氏骨科医院有限责任公司

建设性质：新建

建设地点：四川省宜宾市翠屏区白花镇华新街 261 号宜宾罗氏骨科医院有限责任公司综合楼一层 DSA 机房

（二）建设内容及规模

医院拟在综合楼（已建，-2F~8F）一层东北侧新建 1 间 DSA 机房及配套功能用房（设备机房、病人准备室、污物通道、控制室、刷手区、更衣换鞋区、办公室），新建介入诊疗场所建成后，拟将院内西侧原过渡性 DSA 机房内既有的 1 台医用血管造影装置（DSA）搬迁至综合楼 1 层东北侧 DSA 机房内使用，原过渡场所不再使用。拟搬迁设备为 CGO-2100 Plus 型医用血管造影装置（DSA），属于 II 类射线装置，额定管电压 125kV、额定管电流 1000mA，出束方向自下而上，主要用于开展血管造影、介入诊疗工作。设备搬迁至新场所后，年诊疗病例约 400 台，年累计最大出束时间约 137.6h（其中拍片 4.3h、透视 133.3h），本项目仅为射线装置搬迁项目，不新增射线装置。

新建 DSA 机房净空面积为 54.0m²（净空尺寸：长 7.4m×宽 7.3m×高 4.4m），机房主体工程（楼板混凝土浇筑及四周砖墙）已随综合楼同步建设完成，仅需安装辐射防护专用构件并实施防护装修，其主要屏蔽防护结构如下：四周墙体均采用 370mm 实心砖墙；顶部采用 120mm 混凝土+40mm 硫酸钡水泥砂浆；地面采用 180mm 混凝土+15mm 硫酸钡水泥砂浆；1 扇 3mm 铅当量铅玻璃观察窗（规格：1500mm 宽×900mm 高×20mm 厚）；1 扇 3mm 铅当量医护人员进出防护门（电动推拉结构，规格：1200mm 宽×2250mm 高）；1 扇 3mm 铅当量患者进出

防护门（电动推拉结构，规格：1800mm 宽×2250mm 高）；1 扇 3mm 铅当量污物进出防护门（手动平开结构，规格：1000mm 宽×2100mm 高）。

表 1-1 建设项目组成及主要的环境问题表

名称	建设内容及规模	可能产生的环境问题		备注
		施工期	营运期	
主体工程	拟搬迁设备为 CGO-2100 Plus 型医用血管造影装置（DSA），属于 II 类射线装置，额定管电压 125kV、额定管电流 1000mA，出束方向自下而上，主要用于开展血管造影、介入诊疗工作。设备搬迁至新场所后，年诊疗病例约 400 台，年累计最大出束时间约 137.6h（其中拍片 4.3h、透视 133.3h）。	扬尘、噪声、废水、固体废物	X 射线、臭氧、噪声、医疗废物	新建
	新建 DSA 机房净空面积为 54.0m ² （净空尺寸：长 7.4m×宽 7.3m×高 4.4m），机房主体工程（楼板混凝土浇筑及四周砖墙）已随综合楼同步建设完成，仅需安装辐射防护专用构件并实施防护装修，其主要屏蔽防护结构如下：四周墙体均采用 370mm 实心砖墙；顶部采用 120mm 混凝土+40mm 硫酸钡水泥砂浆；地面采用 180mm 混凝土+15mm 硫酸钡水泥砂浆；1 扇 3mm 铅当量铅玻璃观察窗（规格：1500mm 宽×900mm 高×20mm 厚）；1 扇 3mm 铅当量医护人员进出防护门（电动推拉结构，规格：1200mm 宽×2250mm 高）；1 扇 3mm 铅当量患者进出防护门（电动推拉结构，规格：1800mm 宽×2250mm 高）；1 扇 3mm 铅当量污物进出防护门（手动平开结构，规格：1000mm 宽×2100mm 高）。			
辅助工程	设备机房、病人准备室、污物通道、控制室、刷手区、更衣换鞋区、办公室		生活垃圾	
公用工程	市政水网、电网、配电系统、通讯系统等	—	圾、生活	依托
办公及生活设施	办公室、卫生间等	—	污水	依托
环保工程	废气处理： 本项目拟在 DSA 机房内设置通排风系统，采用风机机械排风，设计排风量为 1000m ³ /h，排风口位于 DSA 机房东南侧吊顶上方中部位置，产生的臭氧经排风管道穿过机房东南侧墙体排出（风管穿墙处采用铅皮包裹进行屏蔽补偿），经自然分解和稀释，不会对周边环境产生明显影响。	施工扬尘、施工噪声、施工废水、固体废物	废水、废气、固体废物	新建
	废水处理： 项目产生的废水依托综合楼已建的污水管道和污水处理设施（处理规模 200m ³ /d，工艺为“一级强化+消毒”），处理达《医疗机构水污染物排放标准》（GB 18466-2005，含 2026 年修改单）表 2 中	—		依托

	预处理标准后，排入市政污水管网，最终进入白花镇污水处理厂处理达标后排放。			
	固废处理： DSA 手术过程中产生的医疗废物分类收集打包后工作人员经污物通道转运至院内既有医疗废物暂存间内暂存，统一交由有资质的单位收运处置；办公、生活垃圾依托医院设置的垃圾桶经统一收集。	—		依托

（三）本项目主要原辅材料及能耗情况

本项目 DSA 主要原辅材料及能耗情况见下表。

表 1-2 主要原辅材料及能耗情况表

所在场所	项目	名称	年耗量	来源	主要化学成分
介入手术室	主要原辅材料	造影剂	80L	外购	碘克沙醇
	能源	煤（T）	—	—	—
		电（度）	1500kW·h/a	市政电网	—
		气（Nm ³ ）	—	—	—
	水资源	用水量	300m ³ /a	市政水网	—

注：*造影剂主要成分为碘克沙醇，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。

本项目使用的造影剂为碘克沙醇注射液，碘克沙醇注射液：分子式 C₃₅H₄₄I₆N₆O₁₅，分子量 1550.20，浓度为 320mg I/ml，渗透压为 290mosm/kg·H₂O（37℃），粘度为 11.4mPa·s（37℃），pH 值为 6.8-7.6。本品为无色或淡黄色的澄明液体。活性成分为碘克沙醇，辅料为氯化钙、氯化钠、氨丁三醇、依地酸钙钠，包装为中性硼硅玻璃输液瓶。规格为 100ml/瓶，平均每台介入手术使用 2 瓶，每年约 400 台手术，年使用量约为 80L。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。

（四）本项目主要设备配置及参数

根据医院提供资料，本项目 DSA 使用科室为心血管内科、综合介入科，主要用于血管造影、介入治疗，年最大手术台数为 400 台，年最大出束时间为 137.6h。本项目设备参数及技术参数见表 1-3。

表 1-3 本项目单台射线装置相关参数

设备名称	型号	数量	额定管电压	额定管电流	使用场所
DSA	CGO-2100 Plus	1 台	125kV	1000mA	DSA 机房
设备使用情况					
出束方向	管理科室	常用拍片工况		常用透视工况	
		管电压	管电流	管电压	管电流

由下向上	放射科	60~100kV	100~500mA	70~90kV	6~20mA
设备出束情况					
使用科室	单台手术累计最长出束时间		年手术台数 (台)	年最长出束时间	
	拍片 (s)	透视 (min)		拍片 (h)	透视 (h)
心血管内科	15~30	15~20	210	1.8	70.0
综合介入科	10~48	15~20	190	2.5	63.3
合计			400	137.6	

(五) 工作人员配置情况

1、工作制度：年工作日 250d，每周工作 5d，每天工作 8h。

2、劳动定员：本项目拟配置 7 名辐射工作人员，其中手术医生 4 名（主刀医生 2 名、助手医生 2 名）、护士 2 名、技师 1 名，均为医院既有 II 类射线装置辐射工作人员，项目开展后，辐射工作人员定岗定责，不存在剂量叠加。今后医院可根据开展项目的实际情况适当调整辐射工作人员配置。

3、工作负荷：本项目 DSA 手术典型配置由 1 名主刀医生、1 名助手医生、1 名护士和 1 名技师配合完成。根据介入手术岗位分工，各人员职责及受照工况如下：护士负责术前准备、术中配合和术后清洁工作，其主要辐射影响来源于术中进入机房传递导管、导丝、支架等介入耗材，传递完毕后即离开机房，于控制室等辅助用房区域待命；手术医生在透视工况下位于 DSA 机房内近台操作，拍片工况下位于控制室内隔室操作，其中助手医生于第二手术位全程参与并配合主刀医生完成介入手术；技师全程位于控制室内进行隔室操作。因此，护士机房内透视受照时间按小组透视总时长的 1/5 计。

根据上述执业人员工作分配情况，本项目各科室职业人员工作时间负荷如下表所示：

表 1-4 本项目各科室职业人员工作负荷统计表

职业人员类别	科室分配情况	辐射工作人员构成	分组情况	每组人员拟分配时间(h/年)	备注
医生	心血管内科	2 名 (1 名主刀、1 名助手)	1 组	透视：70 拍片：1.8	人员不交叉作业
	综合介入科	2 名 (1 名主刀、1 名助手)	1 组	透视：63.3 拍片：2.5	
护士	放射科	2 名	2 组	透视：13.33 拍片：2.15	
技师		1 名	1 组	透视：133.3 拍片：4.3	

（六）依托环保设施情况

1、废水：施工期废水经沉淀后循环使用；运营期产生的废水依托综合楼已建污水处理设施（处理规模 200m³/d，工艺为“一级强化+消毒”），处理达《医疗机构水污染物排放标准》（GB 18466-2005，含 2026 年修改单）表 2 中预处理标准后，排入市政污水管网，最终进入白花镇污水处理厂处理达标后排放。

2、固体废物：施工期产生的固体废物主要为施工人员产生的生活垃圾等，施工人员产生的生活垃圾统一收集后由环卫部门定期清运。运营期产生的医疗废物打包后经污物通道转运至院内既有医疗废物暂存间（位于住院楼负一楼，面积约 65m²）暂存，本项目医疗废物产生量约 0.8t/a，医疗废物暂存间贮存能力满足本项目贮存要求，医疗废物统一交由有资质的单位收运处置（目前医院已签订医疗废物集中处置服务协议）；生活垃圾统一收集后由环卫部门定期清运。

三、本项目产业政策符合性分析

根据中华人民共和国国家发展和改革委员会《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 7 号，2024 年 2 月 1 日施行）的相关规定，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“医疗服务设施建设”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

四、项目周边保护目标以及场址选址情况

（一）本项目外环境关系

本项目位于四川省宜宾市翠屏区白花镇华新街 261 号宜宾罗氏骨科医院有限责任公司医疗综合楼内，综合楼西侧、东北侧分布有乡镇住宅及街边商铺，南侧为院内住院楼、生活楼，东侧及西北侧为院外水塘。

本项目 DSA 机房及配套用房位于综合楼一层东北侧布置，以 DSA 机房四周墙体为边界，50m 评价范围内外环境关系具体如下：**北侧**：综合楼内的区域（3.3-13.6m 消防控制室、楼梯），综合楼以外的区域（13.6-50m 院内道路）；**东北侧**：综合楼内的区域（0-8.2m 处为刷手区、控制室、污物通道、办公室、女更、男更、换鞋区），综合楼以外的区域（8.2-50m 处为院内道路、院内景观、院外居民住宅）；**东侧**：综合楼以外的区域（0-50m 处为院内道路、内庭花园、院内景观、院外水塘）；**东南侧**：综合楼以外的区域（0-50m 处为院内道路、院

内景观)；**南侧：**综合楼内的区域(31-50m，发放大厅、洁车清洗存放、一次品库、医保结算、住院大厅、无菌区、低温灭菌间、缓冲、敷料打包间、中心供应室、包装灭菌区、更淋卫、办公、去污区、排风井、污梯)；**西南侧：**综合楼内的区域(0-38.8m，病人准备室、设备机房、医护更衣、护士站、运动康复/物理康复、通道、电梯厅、医梯、楼梯、处置室、配液室、扩大前室、风井、电井、弱电井、强电井、注射室、病房、办公、治疗室、值班室、卫生间、急诊挂号、洗胃室、驾驶员值班、清创、抢救室、急诊科)，综合楼以外的区域(38.8-50m处为院内道路)。**西侧：**综合楼内的区域(16.1-41.2m 诊室、推拿按摩室、针灸、艾灸室、熏蒸室)，综合楼以外的区域(41.2-50m 处为院内道路)；**西北侧：**综合楼内的区域(0-8.7m 通道、前室、高耗材库、胃镜、麻醉准备复苏、洗镜室)，综合楼以外的区域(10.8-50m 院内道路、院外水塘)；**综合楼二层**为等候区、护士站、女更衣室、男更衣室、治疗配液室；**综合楼负一层**为停车场。本项目 DSA 平面布置图见附图 6；综合楼负一层平面布置图见附图 3；综合楼一层平面布置图见附图 4；综合楼二层平面布置图见附图 5。

(二) 项目选址合理性

本项目 DSA 机房位于宜宾和康白花骨科医院综合楼一层，综合楼所属地块已由宜宾罗氏骨科医院有限责任公司取得了宜宾市自然资源和规划局颁发的《不动产权证书》川(2024)宜宾市 不动产权第 0071985 号。建设单位于 2023 年 6 月取得了宜宾市翠屏生态环境局《关于宜宾罗氏骨科医院有限责任公司宜宾和康白花骨科医院扩建项目环境影响报告表的批复》(宜环翠屏审批〔2023〕13 号)。本项目水、电、气、通讯设施均依托医院现有设施妥善解决，拟建设的 DSA 机房为专门辐射工作场所，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，从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。

(三) 与周边环境的兼容性分析

本项目运营期产生的生活污水经医院污水处理站处理达标后排入市政污水管网。

介入手术时产生的药棉、纱布、手套和废造影剂瓶。造影剂具有一定毒性，不能被人体吸收也不能被人体分解，参考《关于在医疗机构推进生活垃圾分类管

理的通知》（国卫办医发〔2017〕30号）残留有一定造影剂的输液瓶属于《医疗废物分类目录》中的药物性废物（医疗废物），各类废物采用专门的收集容器集中收集后在医院医疗废物暂存间暂存，定期按照医疗废物执行转移联单制度，委托有资质单位（宜宾康润医疗废弃物集中处理有限公司）处置。

本项目产噪设备主要为风机机械噪声，声级较小，噪声影响不大，不会改变区域声环境质量，项目 50m 评价范围基本均位于院内，距离东北侧院外居民住宅较远，约 49m。运行阶段产生的电离辐射经机房墙体有效屏蔽后对周围环境影响较小，与周围环境相容。

（四）实践正当性分析

本项目的建设可以更好地满足患者多层次、多方位、高质量和文明便利的就诊需求，提高对疾病的诊治能力。DSA 核技术应用项目的开展，可达到一般非放射性诊治方法所不能及的诊断及治疗效果，是其它项目无法替代的，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。

建设单位在开展诊疗过程中，对射线装置使用将严格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。本项目产生的辐射带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，因此该核技术应用的实践具有正当性。

五、原有核技术利用情况

（一）医院原有项目辐射安全许可证情况

医院已取得四川省生态环境厅核发的《辐射安全许可证》（川环辐证[14533]），许可的种类和范围：使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置，发证日期：2026 年 08 月 27 日，有效期至 2031 年 09 月 06 日。医院现有核技术利用项目的许可情况见下表。

表 1-4 医院已获许可使用射线装置

序号	装置名称	规格型号	类别	活动种类	数量	工作场所	备注
1	血管造影用 X 射线装置	CGO-2100 Plus	Ⅱ	使用	1	医院西北端介入室	本次拟搬迁
2	CT 机	BrivoCT325	Ⅲ	使用	1	行政楼一楼	已上

3	数字化医用 X 射线摄影系统	BrivoXR515	III	使用	1	医技楼一楼	证、在用
4	高频移动式手术 X 射线机	PLX112C1	III	使用	1	住院楼五楼手术室第一间	
5	移动式平板 C 形臂 X 射线机	PLX118F/a	III	使用	1	住院楼五楼手术室第二间	

医院目前已获许可使用射线装置共计 5 台，其中III类装置 4 台，II类射线装置 1 台，医院自取得《辐射安全许可证》以来，未发生过辐射安全事故。

（二）辐射工作场所监测情况

医院在 2025 年 10 月委托了四川蓝瑞鑫卫生检测技术服务有限公司对全院在用辐射工作场所开展了 2025 年度辐射环境现状监测（附件 9，报告编号为 SCLR X2025（放）F0849 和 SCLR X2025（放）F0945），根据年度监测报告可知，医院在用的型号为 BrivoXR515 的数字化医用 X 射线摄影系统和 PLX112C1 的高频移动式手术 X 射线机，周围辐射剂量率最大为 4.45μSv/h、0.8μSv/h，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中 6.3.1.c 中规定的“具有短时、高剂量率曝光的摄影程序（如 DR、CR、屏片摄影）机房外的周围剂量当量率应不大于 25μSv/h”的相关规定；医院在用的型号为 PLX118F/a 的移动式平板 C 形臂 X 射线机，周围辐射剂量率最大为 1.92μSv/h，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中 6.3.1.b 中规定的“具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h”的相关规定；医院在用的型号为 BrivoCT325 的医用 X 射线计算机断层扫描（CT）装置，周围辐射剂量率最大为 0.39μSv/h，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中 6.3.1.b 中规定的“CT 机、乳腺摄影、乳腺 CBCT、口内牙片摄影、牙科全景摄影、牙科全景头颅摄影、口腔 CBCT 和全身骨密度仪机房外的周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h”的规定。

（三）辐射工作人员个人剂量检测情况

医院现有辐射工作人员共 35 名，医院为每名辐射工作人员配备有个人剂量计并且编号定人佩戴，定期交由有资质的检测部门进行检测，建立有个人剂量档案；目前在岗的辐射工作人员个人剂量检测结果均合格。

医院委托四川蓝瑞鑫卫生检测技术服务有限公司对全院辐射工作人员个人剂量进行监测，提供了 2025 年四个季度的个人剂量检测报告（报告编号：SCLR X

(放) J202510356、SCLR X (放) J202520692、SCLR X (放) J202530361、SCLR X (放) J202540677)，根据 2025 年度个人剂量检测报告可知，该年度辐射工作人员单季度个人剂量最大值为 0.165mSv，均未超过单季度个人剂量 1.25mSv，也未发现个人年剂量值超过 5mSv 的情况，符合剂量约束值的要求。

(四) 辐射工作人员培训考核情况

依据《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)和《关于进一步优化辐射安全考核的公告》(生态环境部公告 2021 年第 9 号)要求，操作Ⅱ类射线装置的人员应取得辐射安全与防护培训合格单，仅从事Ⅲ类射线装置销售、使用活动的辐射工作人员无需参加集中考核，由核技术利用单位自行组织考核。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，现有登记在册的辐射工作人员共 35 人，其中 28 名从事Ⅲ射线装置使用和操作人员均由医院自行组织其进行了辐射安全防护知识复训或学习，并考试合格；7 名从事操作Ⅱ类射线装置的辐射工作人员均按要求报名参加了国家核技术利用辐射安全与防护学习平台的考试并取得了成绩合格单，对于全院在岗的辐射工作人员，医院均按职业类别对其进行了培训，确保其持证上岗。

(五) 年度评估报告

依据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第十二条“生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告”。医院已编制《2025 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》并上交发证机关(已按时登录全国核技术利用辐射安全申报系统 <http://rr.mee.gov.cn> 在单位信息维护界面完成了年度报告上传工作)。

现医院辐射安全管理情况如下：

- (1) 现单位名称、地址，法人代表未发生改变；
- (2) 辐射安全许可证所规定的活动种类和范围未发生改变；
- (3) 辐射防护与设施运行、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、辐射应急处理措施均满足相应规定要求；

(4) 医院自从事放射诊疗和放射治疗工作以来，严格按照国家法律法规进行管理，没有发生过辐射安全事故。

(六) 辐射管理规章制度执行情况

根据相关文件的规定，结合建设单位实际情况，医院已调整了辐射安全管理领导小组，并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》《辐射工作场所和环境辐射水平监测方案》《辐射事故应急预案》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，在落实各项辐射安全规章制度后，可满足原有射线装置防护实际需要。

对医院现有辐射工作场所而言，建设单位具备辐射安全管理的综合能力。建设单位应根据国家发布新的相关法规内容，结合本项目实际情况及时对各项规章制度补充、修改和完善。

表 2 放射源

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

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

表 3 非密封放射性物质

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

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）。

表 4 射线装置

(一) 加速器，包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能 (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	额定管电压 (kV)	额定管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	DSA	II类	1	CGO-2100 Plus	125	1000	介入治疗	综合楼一层 DSA 机房内	医院既有设备拟搬迁

(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	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	(1) 《中华人民共和国生态环境法典》，2026 年 8 月 15 日起施行； (2) 《建设项目环境保护管理条例》，中华人民共和国国务院令第682号，2017年10月1日实施； (3) 《产业结构调整指导目录（2024年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令第7号，2024年2月1日施行）； (4) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，生态环境部 部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行； (5) 《四川省辐射污染防治条例》，四川省十二届人大常委会第二十四次会议第二次全体会议审议通过，2016年6月1日起实施； (6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，中华人民共和国国务院第449号令，2019年3月修订； (7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原环保部第18号令，2011年5月起实施； (8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》；原环境保护部令第31号，2021年1月4日修正； (9) 《射线装置分类》，原环境保护部公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月起实施。
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) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）； (3) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）； (4) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）； (5) 《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）； (6) 《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ/T244-2017）； (7) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）； (8) 《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017）； (9) 《放射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ98-2020）；

	(10) 《外照射放射防护剂量转换系数标准》(WS/T830-2024)； (11) 《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》(HJ 1326-2023)；
其他	(1) 《辐射防护手册》(第一分册—辐射源与屏蔽, 原子能出版社, 1987)； (2) 《辐射防护手册》(第三分册—辐射安全, 原子能出版社, 1987)； (3) 《核技术利用辐射安全和防护监督检查大纲》(生态环境部(国家核安全局))； (4) 《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》(国环规环评〔2017〕4号)； (5) 《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引(2025年版)》(川环函〔2025〕616号)； (6) 《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； (7) 《关于建设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； (8) 《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； (9) 《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； (10) 院方提供的工程设计图纸及相关技术参数资料； (11) 环评委托书。

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：“放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围）”。本项目属于II类射线装置的项目，具有实体边界，因此，本项目评价范围为 DSA 机房实体屏蔽墙体外周边 50m 以内区域。							
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的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 辐射工作场所环境保护目标一览表							
项目	相对位置	相对方位	距辐射源最近距离(m)		人流量(人次/d)	照射类型	剂量约束值(mSv/a)
			水平距离	垂直距离			
DSA 机房内	主刀手术医生	-	0.5	0	2	职业	5.0
	助手手术医生	-	0.8	0	2	职业	5.0
	护士	-	1.0	0	2	职业	5.0
DSA 机房周围	控制室内的技师	东北侧	4.0	0	1	职业	5.0
	刷手区、污物通道、办公室、更衣室、换鞋区	东北侧	5.2	0	约 7	职业	5.0
	设备机房	西南侧	4.0	0	约 7	职业	5.0
	病人准备室、护士站、运动康复、诊室等区域	西南侧	5.7	0	约 200	公众	0.1
	诊室、推拿按摩室、针灸、艾灸室、熏蒸室、院内道路	西侧	20	0	约 200	公众	0.1
	高耗材库、胃镜、麻醉准备复苏等区域	西北侧	4.0	0	约 100	公众	0.1
	消防控制室、楼梯、院内道路	北侧	10.0	0	约 50	公众	0.1
	院内绿化、院内道路	东北侧	13.4	0	约 80	公众	0.1
	院内道路、内庭花园、院内景观、院外水塘	东侧	6.6	0	约 100	公众	0.1

	院内道路、院内景观等区域	东南侧	4.0	0	约 60	公众	0.1
	发放大厅、洁车清洗存放、一次品库、医保结算、住院大厅、无菌区、低温灭菌间、缓冲、敷料打包间等区域	南侧	35.8	0	约 200	公众	0.1
	2 层等候区、护士站、女更衣室、男更衣室、治疗配液室	正上方	0	4.2	约 100	公众	0.1
	负 1 层停车场	正下方	0	5.7	约 100	公众	0.1

评价标准

一、环境质量标准

- (1) 大气：《环境空气质量标准》（GB 3095-2026）二级标准。
- (2) 地表水：《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）III类标准。
- (3) 声环境：《声环境质量标准》（GB 3096-2008）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》（GB 16297-1996）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》（GB 18466-2005，含 2026 年修改单）表 2 中的预处理排放标准。
- (3) 噪声：①施工期：《建筑施工噪声排放标准》（GB 12523-2025）标准；②运营期：《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）2 类标准。
- (4) 固废：医疗废物：执行《医疗废物处理处置污染控制标准》（GB 39707-2020），还应满足《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）相关要求。

三、辐射环境评价标准

（一）个人剂量约束值

- (1) 职业照射：根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）第 4.3.2.1 条的规定，对任何工作人员，由来自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。眼晶体的年当量剂量不超过 150mSv。

本次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）作为职业人员四肢（手和足）或皮肤年当量剂量约束值。

（2）公众照射：第 B1.2.1 条的规定，实践使公众中有关的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。

本项目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。

（二）辐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，在距离本项目 DSA 机房屏蔽体外表面 30cm 处，周围控制目标辐射剂量率应不大于 2.5μSv/h。

表 8 环境质量和辐射现状

一、项目地理和场所位置

宜宾和康白花骨科医院位于四川省宜宾市翠屏区白花镇华新街261号，本项目DSA机房及其配套用房位于院内综合楼一层。以DSA机房四周墙体为边界，东北侧紧邻洗手区、控制室、污物通道，东南侧紧邻过道，西南侧紧邻设备机房、病人准备室，西北侧紧邻过道，西侧、西南侧、南侧50m评价范围均位于综合楼用地红线内，西北侧、东侧综合楼用地红线外为院外水塘，东北侧综合楼用地红线外为居民住宅；本项目设备由下向上出束，DSA机房正上方为综合楼二层等候区、护士站、女更衣室、男更衣室、治疗配液室区域，DSA机房正下方为地下停车场。

根据现场踏勘，本项目周边环境及拟建位置现场情况如下图所示。

	
医疗综合楼	东侧院外水塘
	
DSA 机房现状	DSA 机房门洞现状

图8-1 本项目介入手术室及周边现状图

二、本项目主要环境影响

项目在投入运营后，主要对环境造成影响的是 DSA 在曝光过程中，产生的 X 射线。

三、本项目所在地 X-γ辐射空气吸收剂量现状监测

为掌握项目所在地的辐射环境现状，本次评价过程中，委托四川蓝瑞鑫卫生检测技术服务有限公司于 2026 年 7 月对“宜宾罗氏骨科医院有限责任公司医用辐射装置周围环境 X-γ剂量率监测”辐射场所及周边进行了 X-γ辐射环境剂量率的布点监测，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

项目	监测依据/方法	备注
X-γ辐射剂量率	《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）	/

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	监测设备			使用环境
	名称及编号	参数说明	检定/校准情况	
X-γ辐射剂量率	AT1123 型 X-γ 巡测仪 编号： FSXC0049	量程： 50nSv/h-10Sv/h 探测下限： 50nSv/h	检定/校准单位： 中国测试技术研究院 校准证书编号： 校准字第 202603103776 号 校准有效期至：2027.3.15 校准因子：1.03	天气：晴 温度：34℃ 湿度：65%RH

四、质量保证

四川蓝瑞鑫卫生检测技术服务有限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。监测人员均经过培训，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处理和填报，并按有关规定和要求进行三级审核。

四川蓝瑞鑫卫生检测技术服务有限公司质量管理体系：

（一）资质认证

从事监测的单位四川蓝瑞鑫卫生检测技术服务有限公司于 2023 年 5 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：232303101220，

有效期至 2029 年 5 月 3 日。

（二）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。

（三）记录与报告

①数据记录制度；②报告质量控制。监测人员均经过培训，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。

五、监测布点原则及监测点布置

本项目在正常运行时，对环境影响的污染因子，主要为 DSA 曝光时高压射线管发出的 X 射线，由此确定本项目现状监测因子为 X- γ 辐射剂量率。根据现场实际情况，X- γ 辐射剂量率监测点位主要包括 DSA 机房内、机房四周、正下方、正上方评价范围内的敏感点。根据电离辐射水平随着距离的增加而衰减的规律，以上监测布点能够科学的反映该射线装置工作场所周围的辐射水平及人员受照射情况，点位布设符合技术规范要求。监测布点示意图如下：

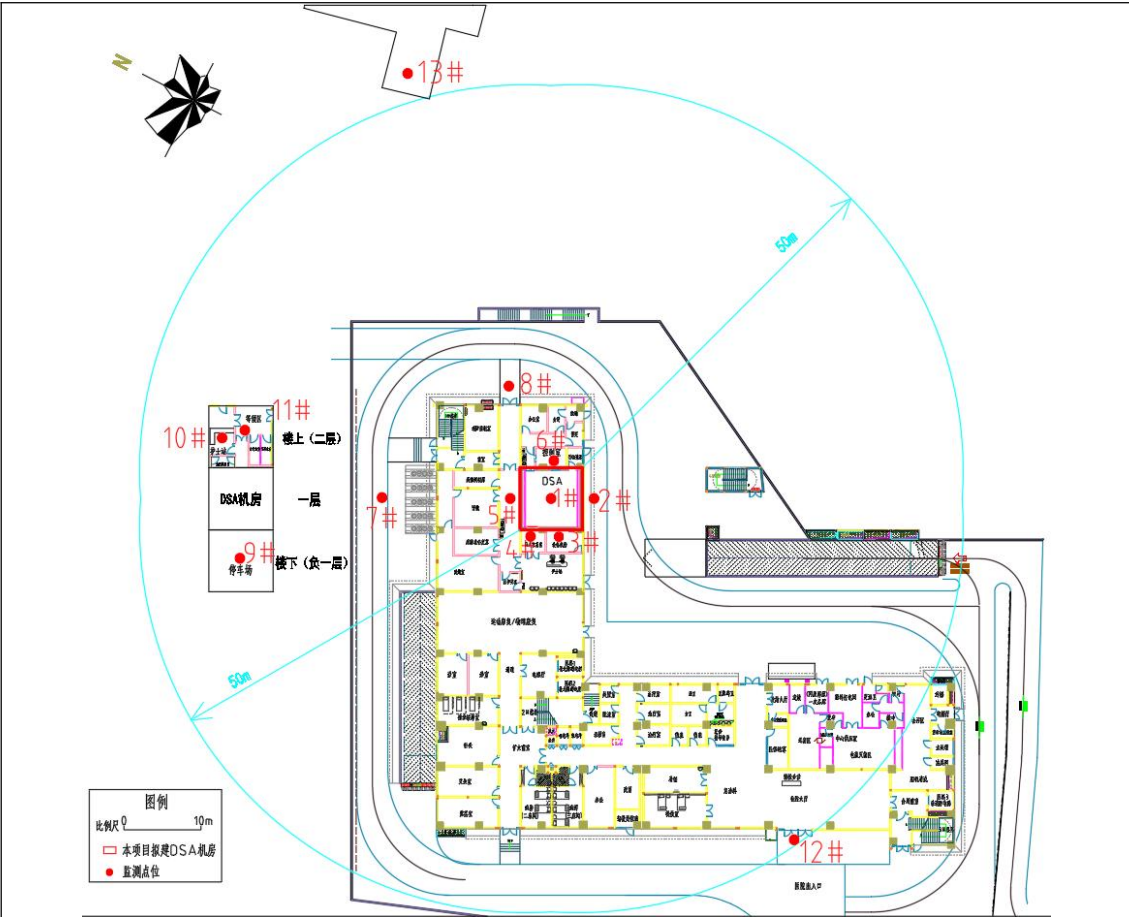


图 8-2 本项目监测布点图

六、环境现状监测与评价

具体监测结果如下：

表 8-3 环境 X-γ辐射剂量率监测结果 单位：μSy/h

测点 编号	点位描述	X-γ辐射剂量率 (μSy/h)	标准差 (μSy/h)	备注
1	DSA 机房正中	0.12	0.015	/
2	DSA 机房东南墙外表面（过道）	0.14	0.015	
3	DSA 机房西南墙外表面（设备机房）	0.10	0.010	
4	DSA 机房西南墙外表面（病人准备室）	0.12	0.017	
5	DSA 机房西北墙外表面（过道）	0.15	0.008	
6	DSA 机房东北墙外表面（控制室）	0.13	0.014	
7	综合楼西北侧	0.14	0.011	
8	综合楼东北侧	0.12	0.014	
9	DSA 机房正下方停车场（-1F）	0.12	0.014	
10	DSA 机房正上方护士站（2F）	0.14	0.010	
11	DSA 机房正上方等候区（2F）	0.11	0.012	
12	综合楼大厅出入口	0.12	0.011	
13	综合楼东北侧建军村 11 组 26 号居民	0.12	0.011	

注：机房每个监测点位监测 10 次，监测结果取均值。

根据现场监测报告，宜宾罗氏骨科医院有限责任公司医用血管造影装置（DSA）搬迁项目拟建场所周边 X- γ 辐射剂量率为 0.11 μ Sy/h~0.15 μ Sy/h（100nGy/h~150nGy/h）。与四川省生态环境厅《2025 年四川省生态环境状况公报》中环境 γ 辐射剂量率年均值分布（70~160nGy/h）相较，本项目拟建区域周围辐射环境监测值属于正常本底水平。

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

本项目 DSA 机房及配套用房位于综合楼一层北侧，本项目 DSA 机房及配套用房依托综合楼实施建设，大楼土建主体、楼板混凝土浇筑、DSA 机房四周砖墙等工程内容，均已纳入《宜宾和康白花骨科医院扩建项目环境影响报告表》（批复文号：成宜环翠屏审批〔2023〕13 号）中，本次辐射专项评价不再重复评价土建主体工程，仅针对辐射工作场所硫酸钡防护材料施工、场所装修、设备搬迁安装、管线敷设、铅玻璃窗、铅防护门及其他防护设施的安装阶段开展环境影响分析。施工期将产生少量扬尘、噪声、生活污水及固体废物。施工期工艺流程及污染物主要产生环节见图 9-1。

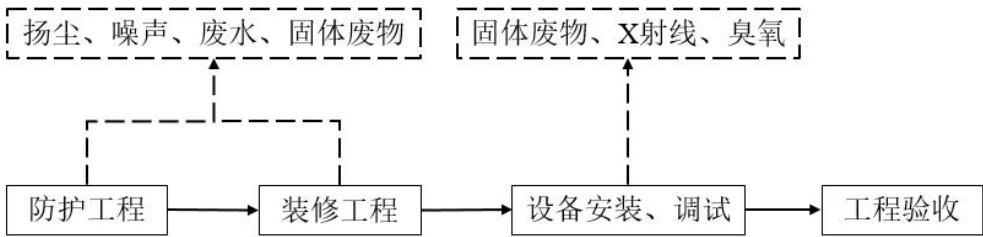


图 9-1 施工期工艺流程及产物环节图

1、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，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。在主体墙体粉刷装饰后，设备安装及管线敷设过程中几乎不产生扬尘。

（2）噪声

主体工程施工期间已预留有管线沟槽，施工期噪声主要为装修产生的噪声，由于施工范围小，施工期较短，项目通过合理布局，合理安排施工时间，选用低噪设备、通过建筑隔声等措施，施工噪声对周围环境的影响较小。

（3）废水

本项目施工人员的生活污水，依托医院已建污水处理站处理，施工人员生活污水经预处理后，再通过市政污水管网进入白花镇污水处理厂进一步处理后

达标排放。

（4）固体废物

施工过程中固体废物主要为防护施工、场所装修和设备搬迁安装过程中产生建筑弃渣、废砂石、废木料、废纸皮和施工人员产生的生活垃圾。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；装修期间和设备搬迁安装期间的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。

2、辐射防护施工要求

①电缆：穿过 DSA 机房墙体的电缆需采用地埋式穿墙，以避免电缆沟布设方式影响到机房墙体的屏蔽效果，建议在电缆、风管穿墙出入口处采用与机房设计相同铅当量的铅板进行补偿防护。

②铅窗：观察窗需采用高性能防辐射铅玻璃+相应铅当量窗框，窗框四周需安装防护铅板并作相应的外装饰面。安装防护窗前，应先核对窗洞口尺寸，窗框距洞口间隙需在 5mm 左右，窗框安装完毕，需对其进行掩口处理。

③为防止辐射泄漏，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。

④硫酸钡水泥砂浆产品质量要求：后续施工时需严格按工艺配比拌料，选用优质合格的硫酸钡产品，随配随用，且硫酸钡水泥砂浆重量配合比严格按照环评阶段拟定的进行配置。

3、设备安装调试期环境影响

本项目射线装置在安装调试阶段会产生 X 射线，造成一定辐射影响。在设备安装调试完后，现场会有少量的废包装材料产生。

本项目射线装置的搬迁、安装和调试均由设备厂家专业人员进行，安装和调试均在辐射防护设施建设完成后进行。

在设备安装调试阶段，医院应配合设备厂家加强安装调试现场的辐射安全管理，在此过程中保证各类辐射安全防护设施正常运行。在设备调试期间关闭防护门，在防护门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。

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周边的辐射影响是可接受的。设备安装完成后，医院方及时回收包装材料及其

它固体废物并作为一般固体废物进行处置，不得随意丢弃。

4、设备搬迁注意事项

DSA（数字减影血管造影机）作为大型医用放射诊疗设备，其从院内西侧介入导管室（过渡场所）搬迁至综合楼 DSA 机房的移机流程需严格遵循国家放射诊疗相关法规（如《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《医用 X 射线诊断放射防护要求》等）、设备技术规范及医院诊疗秩序保障要求，全程需多部门（设备科、临床科室、辐射防护机构、设备厂家、施工单位等）协同。流程可分为前期准备阶段、原介入导管室停用阶段、设备转运阶段、设备重新安装调试阶段、验收与合规启用阶段五个环节，具体如下：

①前期准备阶段

设备搬迁需进行合规性审批，避免违规使用；

对综合楼 DSA 机房设计方案进行前期确认，对照 DSA 设备技术参数，确认防护方案满足相关防护要求；

技术方案与团队确认，与 DSA 设备厂家签订《移机服务合同》，明确厂家责任：提供移机技术方案、派专业工程师执行拆装机、负责设备校准与性能测试；组建院内协调团队；制定《移机应急预案》：涵盖设备磕碰、运输延误、辐射泄漏（拆除时）、供电故障等风险的应对措施；

原介入导管室诊疗衔接安排，相关科室提前 1~2 周调整患者诊疗计划：优先完成急诊及限期手术，非紧急患者调整就诊时间；发布“DSA 停机通知”，明确停用时间，同步告知医保、挂号等关联部门。

②原介入导管室停用阶段

停机前准备：工程师登录 DSA 设备系统，执行“设备停机程序”：关闭高压发生器、X 射线管、C 臂驱动系统，备份设备参数（如曝光剂量、图像校正数据）；后勤科切断原 DSA 机房专用供电（需提前确认断电流程，避免影响其他设备），拆除设备与供电、接地、水冷系统（部分 DSA 含水冷）的连接线路。

辐射安全防护措施：机房外设置“辐射危险，禁止入内”警示标识，安排专人值守，禁止无关人员进入；工程师穿戴个人剂量计，拆除 X 射线管组件时需使用专用铅屏蔽罩，避免散射线泄漏。

设备拆解与包装：按厂家技术规范拆解设备核心部件，所有部件用厂家提供的专用缓冲材料（泡沫、防震膜）包装，贴好标签，记录部件数量（避免遗漏）。

原介入导管室场地清理与备案：拆除机房内与 DSA 相关的辅助设施（如防护铅板、专用电缆），清理场地；向相关部门提交《DSA 设备停用报告》，完成过渡场所 DSA 设备使用注销手续。

③设备转运阶段

DSA 部件体积大、重量重、精度高（如 C 臂导轨、X 射线管），转运过程需严格控制震动、湿度、温度，车辆到达综合楼后，由设备科、厂家工程师共同清点部件数量，核对标签与清单，确认无损坏、无遗漏后，签字确认接收；用叉车或吊具将部件转运至综合楼 DSA 机房内。

④综合楼安装调试阶段

综合楼 DSA 工作场所完成相关环评手续后，设备可进场安装调试，设备厂家专业人员操作。

⑤验收与合规启用阶段

委托具备资质的第三方检测机构，对综合楼 DSA 机房进行辐射防护检测和性能检测；医院组织成立验收小组完成项目验收。所有手续履行完成后，综合楼 DSA 可开展正常诊疗服务。

二、运营期污染源项分析

1、设备组成及工作原理

（1）设备组成

本项目拟搬迁 1 台单管头 DSA 设备至综合楼 DSA 机房内安装使用，其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。

（2）工作原理

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，它是应用计算机程序进行两次成像完成的。在注入造影剂之前，首先进行第一次成像，并用计算机将图像转换成数字信号储存起来。注入造影剂后，

再次成像并转换成数字信号。两次数相减，消除相同的信号，得到一个只有造影剂的血管图像。这种图像较以往所用的常规脑血管造影所显示的图像更清晰和直观，一些精细的血管结构亦能显示出来。且对比度分辨率高，减去了血管以外的背景，尤其使与骨骼重叠的血管能清楚显示；由于造影剂用量少，浓度低，损伤小、较安全。通过医用血管造影 X 射线机处理的图像，使血管的影像更为清晰，在进行介入手术时更为安全。

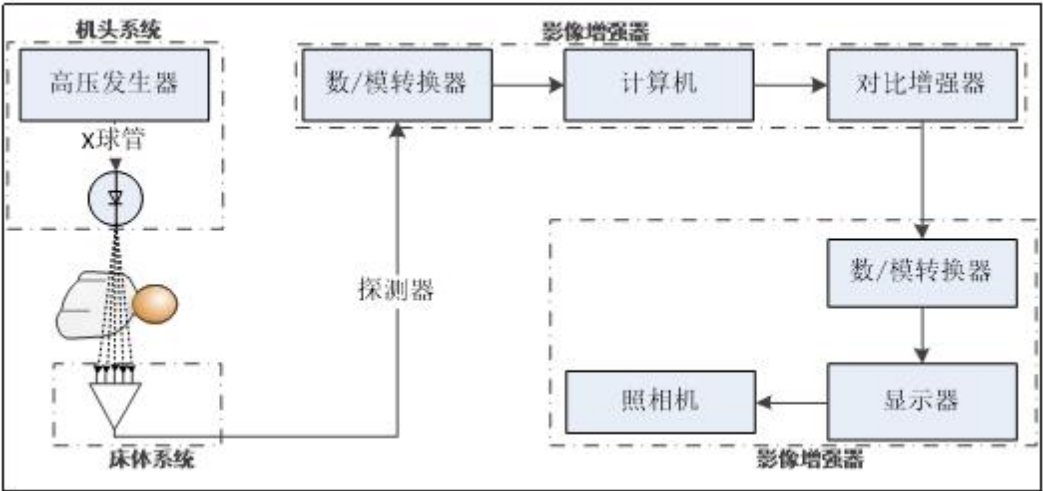


图 9-2 DSA 基本原理示意图

2、诊断及治疗流程简述

本项目放射介入诊疗流程如下所示：

（1）病人候诊、准备、检查：由医生写介入诊疗申请单；介入接诊手术医生检查是否有介入诊断的适应症，在排除禁忌症后完善术前检查和预约诊断时间。

（2）向病人告知可能受到的辐射危害：介入主管医生向病人或其家属详细介绍介入诊断的方法、途径、可能出现的并发症、可预期的效果、术中所用的介入材料及其费用等。对各种需放置支架的病人，由介入主管医生根据精确测量情况提前预定核实的支架。

（3）设置参数，病人进入 DSA 机房、摆位：根据不同手术及检查方案，设置 DSA 系统的相关技术参数，以及其他监护仪器的设定；护士核对患者信息、过敏史及术前用药情况，引导病人进入 DSA 机房协助摆位，并协助医生穿戴无菌手术衣、手套，并管理无菌操作区域。

(4) 根据不同的治疗方案，手术医生及技师密切配合，完成介入手术或检查。DSA在进行曝光时分为拍片检查和介入治疗两种情况：

①DSA 拍片检查

DSA 检查采用隔室操作方式，通过控制 DSA 的 X 线系统曝光，采集造影部位图像。具体方式是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，然后进入控制室，关好防护门。手术医生、技师通过控制室的计算机系统控制 DSA 的 X 系统曝光，采集造影部位图像。手术医生根据该图像确诊患者病变的范围、程度，选择治疗方案。

②DSA 介入治疗

DSA 介入治疗采用近台同室操作方式。通过控制 DSA 的 X 线系统曝光，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，介入手术医生位于手术床一旁，距 DSA 的 X 线管 0.5~0.8m 处，在非主射束方向，配备个人防护用品（如铅衣、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套等）。同时手术床旁设有铅悬挂防护屏和床侧防护帘。介入治疗中，手术医生佩戴防护用品，根据操作需求，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 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，完成介入操作。每台手术 DSA 系统的 X 线系统进行透视的次数及每次透视时间因患者的部位、手术的复杂程度而不同。介入手术完后关机，医生、病人离开 DSA 机房。

(5) 治疗完毕关机：手术医生应及时书写手术记录，技师应及时处理图像、刻录光盘或照片，急症病人应尽快将胶片交给病人；护士应对手术室内物品进行清点与处理、及时清理房间，将物品归原处，做好房间消毒并负责患者的交接和护送。对单纯接受介入造影检查的病人，手术医生应在 24 小时内将诊断报告写出并由病人家属取回交病房病历保管。

本项目 DSA 工作流程及产污图见图 9-3：

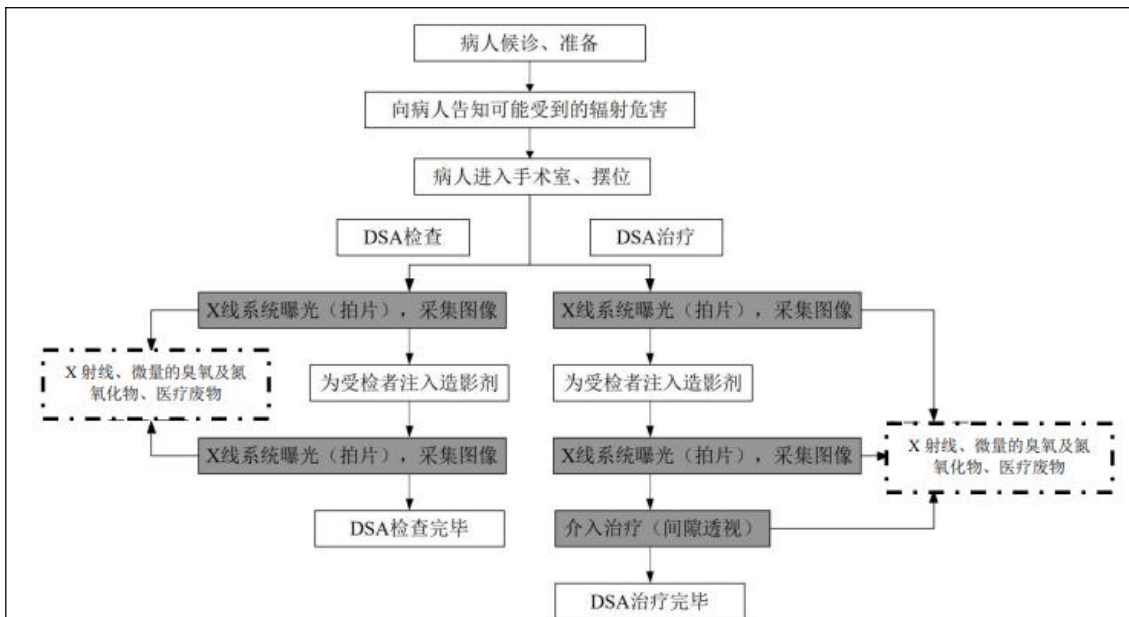


图 9-3 DSA 介入治疗流程及产污环节示意图

3、产污环节

本项目使用 1 台 DSA，属于Ⅱ类射线装置。产污环节为：在注入造影剂之前拍片产生的 X 射线和臭氧，注入造影剂之后产生的 X 射线和臭氧，介入治疗过程中间歇透视产生的 X 射线和臭氧。在手术时，产生医疗包装物和容器和药棉、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，不会产生废显影液、废定影液和废胶片。

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换鞋后分别进入男/女更衣室，更换衣服后通过刷手区到控制室内，在控制室内佩戴铅防护用品，穿戴完成后经刷手区进入 DSA 机房内；技师经过更衣室换衣后通过刷手区进入控制室，进行机器的预热；手术结束后，医生、技师、护士原路返回离开。

患者路径：患者在护士站登记后经病人准备室通过患者进出门进入 DSA 机房内。

污物路径：手术过程中产生的医疗废物经分类收集打包后由污物进出门经污物通道转运至医院医疗废物暂存间内暂存，最后统一交由有相应资质的单位收运处置。

本项目人流、污物路径示意图见下图：

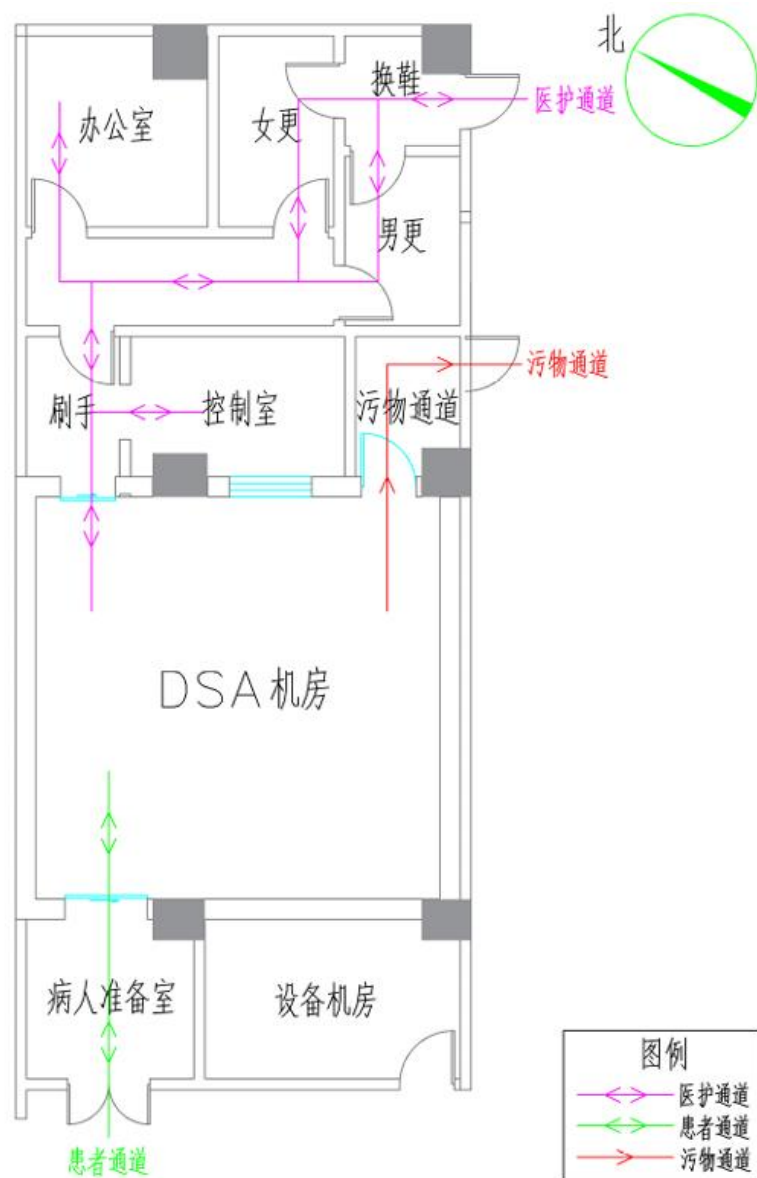


图 9-4 本项目人流、污物路径示意图

5、污染源项描述：

(1) 电离辐射

DSA 在开机状态下产生的 X 射线，不开机状态下不产生 X 射线。本项目的数字减影血管造影装置（DSA）的相关参数具体如下表所示：

表 9-1 本项目的相关参数

工作场所	DSA 机房
设备名称	数字减影血管造影装置（DSA）
型号	CGO-2100 Plus
生产厂家	北京万东医疗科技股份有限公司
过滤片	0.5mm 铜滤片
额定管电压	125kV

额定管电流	1000mA
射线管数量	单管头
射线装置分类	II类射线装置
运行参数	拍片：电压 $\leq 100\text{kV}$ ，电流 $\leq 500\text{mA}$ 透视：电压 $\leq 90\text{kV}$ ，电流 $\leq 20\text{mA}$

（2）废气

DSA 曝光过程中臭氧产生量很小，DSA 机房拟采用通排风系统，排风量为 $1000\text{m}^3/\text{h}$ ，通风换气次数约为 6 次/h，能够保证良好通风，产生的臭氧通过排风管道从 DSA 机房内引出，为防止 X 射线泄露，排风管道口采用铅皮包裹，排风口位于 DSA 机房东侧吊顶上方中部位置，产生的臭氧经排风管道穿过东南侧墙体外排出，经自然分解和稀释，不会对周边环境产生明显影响。

（3）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，按每台手术产生约 2kg 的医疗废物，每年 DSA 介入室预计手术量为 400 台，则每年固体废物产生量约为 800kg （0.8t）。项目产生的医疗废物经打包后与医院其他医疗废物一起在住院楼负一层医疗废物暂存间内暂存，最终统一交由有相应资质的单位收运处置（医院目前已与宜宾康润医疗废弃物集中处理有限公司签订了医疗废物处置协议）。

③本项目拟配置 7 名辐射工作人员，每人每天产生生活垃圾约 0.5kg ，利旧的原有辐射工作人员，不新增生活垃圾。工作人员产生的生活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。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。

（4）废水

本项目废水主要为辐射工作人员的生活污水和医疗废水，工作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，则生活污水产生量为 $148.75\text{m}^3/\text{a}$ ；医疗废水产生量约 $34\text{m}^3/\text{a}$ 。则本项目废水总产生量约 $183\text{m}^3/\text{a}$ 。

本项目产生的废水依托医院已建的污水管道和污水处理站（处理规模 $200\text{m}^3/\text{d}$ ，工艺为“一级强化+消毒”），处理达《医疗机构水污染物排放标准》

（GB 18466-2005，含 2026 年修改单）表 2 中预处理标准后，再通过市政污水管网进入白乡镇污水处理厂处理，处理达标后排放。

（5）噪声

本项目所有设备选用低噪声设备，噪声主要为风机机械噪声，最大源强不超过 45dB（A），且均处于室内，通过建筑墙体隔声及距离衰减后，运行期间噪声满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）2 类标准。

（6）造影剂的存储、泄露风险

造影剂（碘克沙醇）是介入放射学操作中最常使用的药物之一，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，钥匙交专人保管；未使用完和过期的造影剂均作为医疗废物处理；在进行介入手术时，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的目的，最后由泌尿系统排除体外。医院未使用完和过期的造影剂作为医疗废物进行处理。造影剂不属于重金属和其他持久性有机物，不存在泄露风险。

表 10 辐射安全与防护

一、辐射工作场所平面布局 and 两区划分

1、总平面布局合理性分析

本项目 DSA 机房及配套用房位于综合楼一层东北侧，以 DSA 机房四周墙体为边界，50m 评价范围内外环境关系具体如下：**北侧：**综合楼内的区域（3.3-13.6m 消防控制室、楼梯），综合楼以外的区域（13.6-50m 院内道路）；**东北侧：**综合楼内的区域（0-8.2m 处为洗手区、控制室、污物通道、办公室、女更、男更、换鞋区），综合楼以外的区域（8.2-50m 处为院内道路、院内景观、院外居民住宅）；**东侧：**综合楼以外的区域（0-50m 处为院内道路、内庭花园、院内景观、院外水塘）；**东南侧：**综合楼以外的区域（0-50m 处为院内道路、院内景观）；**南侧：**综合楼内的区域（31-50m，发放大厅、洁车清洗存放、一次品库、医保结算、住院大厅、无菌区、低温灭菌间、缓冲、敷料打包间、中心供应室、包装灭菌区、更淋卫、办公、去污区、排风井、污梯）；**西南侧：**综合楼内的区域（0-38.8m，病人准备室、设备机房、医护更衣、护士站、运动康复/物理康复、通道、电梯厅、医梯、楼梯、处置室、配液室、扩大前室、风井、电井、弱电井、强电井、注射室、病房、办公、治疗室、值班室、卫生间、急诊挂号、洗胃室、驾驶员值班、清创、抢救室、急诊科），综合楼以外的区域（38.8-50m 处为院内道路）。**西侧：**综合楼内的区域（16.1-41.2m 诊室、推拿按摩室、针灸、艾灸室、熏蒸室），综合楼以外的区域（41.2-50m 处为院内道路）；**西北侧：**综合楼内的区域（0-8.7m 通道、前室、高耗材库、胃镜、麻醉准备复苏、洗镜室），综合楼以外的区域（10.8-50m 院内道路、院外水塘）；**正上方**为等候区、护士站、女更衣室、男更衣室、治疗配液室；**正下方**为停车场。

合理性分析：由 DSA 机房平面布局可知，与射线装置相关的辅助用房均紧密布置于射线装置机房周围，整体布局紧凑，既便于医疗工作，又利于辐射防护。各用房之间采用墙体分隔，墙体、防护门窗的屏蔽防护厚度充分考虑了电离辐射效应，能够有效降低电离辐射对工作人员和周边公众的辐射影响。

本项目辐射工作场所根据工作要求且有利于辐射防护和环境保护进行布

局，功能分区明确，充分考虑了医生和病人需求，病人通道、医护通道、污物通道分开布置，互不影响，DSA 机房位于综合楼一层东北侧，与配套的辅助用房独立成区，远离一层的门诊等人流密集区域。新建的 DSA 辐射工作场所采取了有效的屏蔽措施，防护设计参数均达到了相关技术规范对辐射工作场所的辐射防护要求，并且辐射工作场所按规范要求设置电离辐射警告标志，合理划分控制区、监督区，无关人员不得进入。通过划分区域、张贴警示标志等措施，本项目对外环境造成辐射影响很小，因此，本项目平面布局是合理的。

2、辐射工作场所两区划分

(1) 分区原则

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。控制区内禁止外来人员进入，职业工作人员在进行日常工作时尽量不要在控制区内停留，以减少不必要的照射。监督区范围内应限制无关人员进入。

控制区：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。

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。

(2) 控制区与监督区的划分

本次环评根据控制区和监督区的定义，结合项目辐射防护和环境情况特点进行辐射防护分区划分。拟将 DSA 机房实体范围内划为控制区；将配套用房医生办公室、男女更衣室、换鞋区、刷手区、控制室、设备间、污物通道、病人准备室、设备机房划为监督区，项目控制区和监督区划分情况见图 10-1。

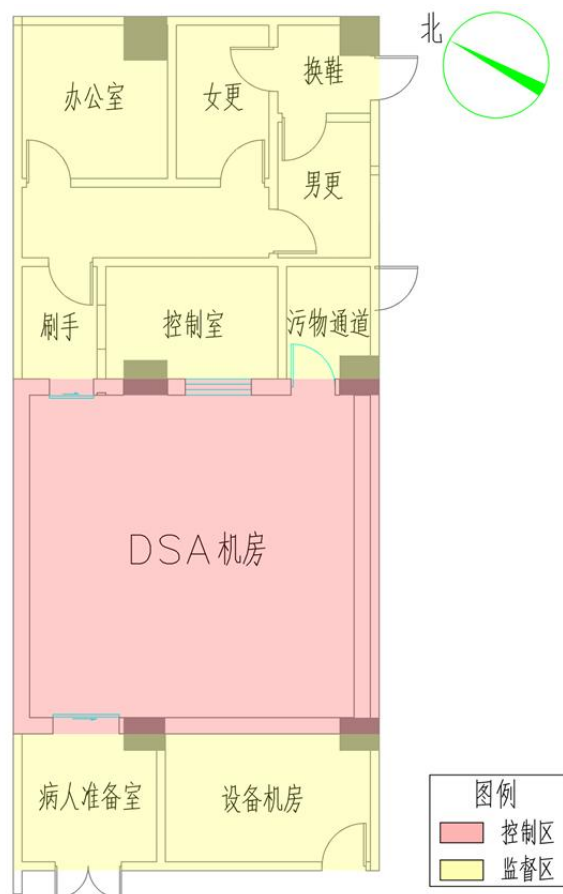


图 10-1 DSA 机房两区划分示意图

表 10-1 本项目控制区和监督区划分情况

场所	控制区	监督区
DSA 机房	DSA 机房实体范围内	医生办公室、男女更衣室、换鞋区、刷手区、控制室、设备间、污物通道、病人准备室、设备机房

(3) 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；

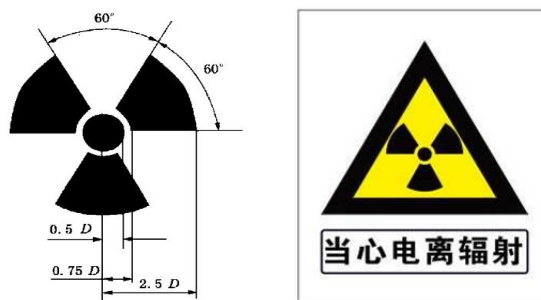


图 10-2 电离辐射标志和电离辐射警告标志

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。

(4) 监督区防护手段与安全措施

①建设单位计划在本项目辅助用房人员、污物进出通道处设置黄色警示线，以黄线警示本项目监督区的边界；

②在本项目监督区的入口处的适当地点设立表明本项目监督区的标牌；

③定期检查本项目监督区的条件，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。

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。

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治疗的同时，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。为了减少这种辐射危害，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 已采取如下技术措施：

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铜过滤板，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，可以选用的各种形状与规格的准直器隔板和铜过滤板。

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：配备床下铅帘（0.5mmPb）和悬吊铅帘(0.5mmPb)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、工作场所屏蔽防护措施

本项目数字减影血管造影装置（DSA）额定管电压为125kV，额定管电流为1000mA，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、C.3。

①对给定的铅厚度，依据GBZ130-2020附录表C.2、C.3不同管电压X射线辐射在其他屏蔽物质中衰减的 α 、 β 、 γ 拟合值按式1计算辐射透射因子B：

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

式中：

B—给定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。

②依据GBZ130-2020附录表C.2、C.3给出的不同管电压X射线辐射在其他屏蔽物质中衰减的 α 、 β 、 γ 拟合值和①中的B值，使用式2计算出各屏蔽物质的铅当量厚度X：

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

式中：

X—不同屏蔽物质的铅当量厚度；

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—给定铅厚度的屏蔽减弱因子；

β —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。

拍片时，DSA的常用电压60~100kV，常用电流为100~500mA；透视时，DSA常用管电压为70~90kV，常用管电流为6~20mA。本项目保守估计，按照设备额定管电压125kV（主射）下辐射衰减拟合参数进行铅当量折算。

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
砖	0.02870	0.06700	1.346
混凝土	0.03502	0.07113	0.6974

根据公式10-1、公式10-2及表10-2中不同屏蔽物质的辐射衰减拟合参数，本项目DSA机房实体屏蔽折算结果见表10-3。

表 10-3 DSA 机房实体防护设施折合铅当量折合对照表

位置	实体结构	折合铅当量	总计
四周墙体	370mm 实心砖墙	3.92mmPb	3.92mmPb
屏蔽门	3mm 铅当量铅门（2 扇，患者、医护）	3mmPb	3mmPb
观察窗	3mm 铅当量铅玻璃（1 扇）	3mmPb	3mmPb
污物传递门	3mm 铅当量铅门（1 扇）	3mmPb	3mmPb
屋顶	120mm 混凝土+40mm 钡水泥	1.44+2.39mmPb	3.83mmPb
地面	180mm 混凝土+15mm 钡水泥	2.32+1mmPb	3.32mmPb

注：1）本项目实心砖密度为1.65g/cm³，混凝土密度为2.35g/cm³，铅密度为11.3g/cm³、硫酸钡水泥砂浆密度为3.2g/cm³。

2）根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录C医用诊断X射线防护中不同屏蔽物质的铅当量，当管电压（有用线束）为125kV时，拟合得到125kV管电压下（有用线束）砖厚度对应铅当量的拟合函数，经拟合计算370mm实心砖约折合为3.92mm铅当量。

3）本项目DSA机房拟使用密度为3.2g/cm³的硫酸钡水泥砂浆。根据《辐射防护手册》（第

三分册）辐射安全》，查表3.3，不同屏蔽材料的近似铅当量厚度（无125kV的数据，保守取150kV的数据），密度为3.2g/cm³的钡水泥，在150kV下，15mm厚钡水泥折合1mm铅当量，33mm厚钡水泥折合2mm铅当量，51mm厚钡水泥折合3mm铅当量，根据插值法计算得到40mm厚钡水泥约折合2.39mm铅当量。

4）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（有用线束）为125kV时，拟合得到125kV管电压下（有用线束）混凝土厚度对应铅当量的拟合函数计算120mm现浇混凝土楼板约折合为1.44mm铅当量、180mm现浇混凝土楼板约折合为2.32mm铅当量。

本项目DSA机房设计屏蔽情况与《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中C形臂X射线设备机房屏蔽防护要求对比见表 10-4。

表 10-4 DSA 机房实体防护设施对照表

DSA 机房	DSA机房 规格	四周墙体	屏蔽门	观察窗	污物进 出门	屋顶	地面
		结构及厚度	结构及 厚度	结构及 厚度	结构及 厚度	结构及厚度	结构及厚度
DSA 机房	54m ² （最小 单边长度 7.3m）	370mm实心 砖墙（约合 3.92mmPb）	3mm 铅 当量铅 门	3mm 铅 当量铅 玻璃	3mm 铅 当量铅 门	120mm 混凝 土+40mm 厚 硫酸钡水泥 砂浆（约合 3.83mmPb）	180mm混凝 土+15mm厚 硫酸钡水泥 砂浆（约合 3.32mmPb）
放射 诊断 放射 防护 要求	单管头 DSA机房 最小有效 使用面积 20m ² ，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	非有用 线束 2mm 铅 当量	有用线束 2mm 铅当量	非有用线束 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	满足要求	满足要求

由表10-4对比可知，本项目DSA机房屏蔽设计满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求，DSA机房屏蔽设计合理。

3、电缆布设及风管穿墙补偿措施

本项目DSA机房内的各种电缆管线布设均由设备厂家提供设计图纸，根据建设单位提供的设备厂家设计资料，本项目DSA机房内的电缆拟采用地沟形式在地坪以下布设，电缆地沟拟采用：宽250mm×深60mm，地沟盖板均采用3mm

以上的不锈钢板覆盖。电缆穿墙均采用“U”型路径设计，下沉后穿越墙体分别到达控制室和设备机房，与控制系统连接。通过多次折返的电缆沟设计和下沉地面穿越屏蔽墙的设计，增加了射线的散射和衰减次数，从而保证墙体的屏蔽效果。本项目DSA机房在东南侧墙体处设置有排风管穿墙，拟在风管与墙体交接位置处采取3mm厚铅皮包裹进行防护补偿。

4、辐射安全装置

（1）警示标识：DSA机房患者进出防护门、医护人员进出防护门、污物通道防护门外均要求设置电离辐射警告标志，提醒周围人员尽量远离该区域，同时在DSA机房病人准备室应设置放射防护注意事项告知栏。

（2）观察及对讲装置：DSA机房与控制室操作台之间安装铅玻璃观察窗，便于医护人员观察患者和受检者状态及防护门开闭情况；DSA机房与控制室之间设置对讲装置，便于医护人员与患者交流。

（3）防夹、闭门装置：本项目DSA机房患者及医护人员进出防护门均设计为电动平开式门，设置有电气、机械、红外线三种保护装置，以确保使用安全可靠，红外线保护装置可防止电动门在运行过程中发生挤伤人员；采用遥控器遥控操作开、关门或脚踏式控制开关，停电后可手动开、关门，污物通道进出门为平开式单扇防护门，设计安装有闭门装置。

（4）工作状态指示灯及门灯联动装置：本项目DSA机房患者、医护进出防护门上方均拟设置工作状态指示灯，灯箱上拟设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句，且工作状态指示灯和与机房防护门能有效联动，在防护门关闭时，指示灯亮红色，警示无关人员远离该区域。

（5）有中文标识的紧急停机按钮：本项目拟在治疗床侧和操作台上方各设置1个紧急停机按钮（带中文标识）。DSA系统的X线系统出束过程中，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。

（6）操作警示装置：DSA系统的X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、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、本次评价范围内公众。

（1）辐射工作人员

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

本项目工作区域严格按照控制区和监督区划分实行“两区”管理，且在介入室人员通道门的醒目位置将张贴固定的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，医院的 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，通过控制室与介入室之间的墙体、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、铅防护衣、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、铅防护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、铅内裤用于减小性腺受照剂量、介入防护手套用于减小手部皮肤受照剂量。建设单位拟为 DSA 机房配置铅橡胶围裙、橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套等 4 套，其介入防护手套不小于 0.025mmPb，其余防护铅当量不低于 0.5mmPb。

④个人剂量检测

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带。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。

（2）受检者或患者的安全防护

医院应配有三角巾、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。

(3) 介入手术室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、防护门窗和顶部屏蔽射线。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。

6、与《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求符合性分析

本项目涉及使用医用诊断 X 射线装置，个人防护用品和辅助防护设施配置符合性分析见下表：

表 10-5 项目涉及个人防护用品和辅助防护设施配置符合性分析表

放射检查类型	分项		《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求	本项目已采取措施	符合性分析
介入放射学操作	工作人员	个人防护用品	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套	医院利旧铅橡胶围裙 4 套、铅橡胶颈套 4 套、铅防护眼镜 4 副均为 0.5mmPb；介入防护手套 4 双，为 0.025mmPb	符合
		辅助防护设施	铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏 选配：移动铅防护屏风	设备自带辅助防护设施，含铅悬挂防护屏 1 副和床侧防护帘 2 副，铅当量均为 0.5mmPb	符合
	患者和受检者	个人防护用品	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套	医院利旧铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾 1 套、铅橡胶颈套 1 套均为 0.5mmPb	符合

三、工作场所辐射安全防护设施

根据《核技术利用辐射安全和防护监督检查大纲》（生态环境部（国家核安全局））和《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引（2025 年版）》（川环函〔2025〕616 号）对Ⅱ类医用射线装置的要求，本次评价根据建设单位采取的辐射安全措施进行了对照分析，具体情况见表 10-6：

表 10-6 本项目辐射安全防护设施对照分析表

项目	规定的措施	落实情况	应增加的措施
实体	楼顶板、楼底板、四周砖墙	已设计	与综合楼主体框架同步施工

防护	顶部、地面硫酸钡水泥砂浆屏蔽防护	已设计	本次拟新增
	铅防护门、观察窗屏蔽	已设计	铅玻璃观察窗及医护、患者通道处的铅防护门均利用原 DSA 设备过渡场所拆除的防护门窗、污物通道防护门本次拟新增
装置安全设施	操作位局部屏蔽防护设施	设备自带	/
	中文标识的紧急停机按钮	设备自带	/
	闭门装置（平开门）/防夹装置（推拉门）	已设计	/
	对讲系统	已配备	利旧
警示装置	入口处电离辐射警告标志	已设计	/
	入口处工作状态指示灯（门灯连锁）	已设计	/
监测设备	便携式辐射监测仪	已配备	利旧 1 台
	个人剂量计	已配备	利旧 7 套
	个人剂量报警仪	已配备	利旧 4 套
防护设施	医护人员个人防护（铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套）	已配备	利旧
	患者防护（铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套）	已配备	利旧
其他	灭火器材	计划配备	/
	通风系统	已设计	/

四、投资估算

本项目总投资 60 万元，其中环保投资 12.88 万元，占总投资约 21.5%。具体环保设施及投资见表 10-7。

表 10-7 环保设施及投资一览表

项目		环保设施	投资（万元）
介入室	场所实体屏蔽	铅防护门 1 扇（3mm 铅当量），手动平开门	0.75
		铅防护门 2 扇（3mm 铅当量），电动推拉结构	利旧
		铅玻璃观察窗 1 扇（3mm 铅当量）	利旧
		四面墙体：370mm 实心砖（利旧）	1.8
		机房顶部：120mm 混凝土（利旧）+40mm 钡水泥（新建）	
		机房地面：180mm 混凝土（利旧）+15mm 钡水泥（新建）	
	设备搬迁	设备移机及调试费	10.0
	安全装置	电离辐射警告标志 1 套	0.03
		防夹装置（电动推拉门）1 套（2 个）	0.1
		污物传递门自动闭门装置 1 套	自带
		门灯连锁装置及工作状态指示灯箱 3 套	0.2
		对讲系统	利旧
		中文标识的紧急停机按钮（操作台和手术床侧）	设备自带

		铅悬挂防护屏（0.5mmPb）1 副	
		床侧防护帘（0.5mmPb）2 副	
	监测仪器和个人防护用品	个人剂量计 7 套	利旧
		个人剂量报警仪 4 台	利旧
		便携式辐射剂量监测仪 1 台	利旧
		医护人员防护：铅橡胶围裙 4 套、铅橡胶颈套 4 套、铅防护眼镜 4 副、介入防护手套 4 套	利旧
		患者防护：铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾 1 套、铅橡胶颈套 1 套	利旧
	其他	通排风设施 1 套	利旧
合计			12.88

在今后实践中，医院应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。

三废的治理

1、废水

本项目运行后，废水主要为辐射工作人员的生活污水及项目产生的医疗废水，依托医院已建的污水管道和污水处理站（处理规模 200m³/d，工艺为“一级强化+消毒”），处理达《医疗机构水污染物排放标准》（GB 18466-2005，含 2026 年修改单）表 2 中预处理标准后，再通过市政污水管网进入白花镇污水处理厂处理，处理达标后排放。

2、废气

DSA 曝光过程中臭氧产生量很小，DSA 机房拟采用通排风系统，排风量为 1000m³/h，通风换气次数约为 6 次/h，能够保证良好通风，产生的臭氧通过排风管道从 DSA 机房内引出，为防止 X 射线泄露，排风管道口拟采用铅皮包裹，排风口位于 DSA 机房东南侧吊顶处，产生的臭氧经排风管道穿过东南侧墙体外排出，经自然分解和稀释，不会对周边环境产生明显影响。

3、固体废物

本项目固体废物主要为辐射工作人员产生的生活垃圾和介入手术时产生的医疗废弃物。

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，经打包后与医院其他医疗废物一起在住院楼负一

层医疗废物暂存间内暂存，最终统一交由有相应资质的单位收运处置（医院目前已与宜宾康润医疗废弃物集中处理有限公司签订了医疗废物处置协议）。

③本项目拟配置 7 名辐射工作人员，每人每天产生生活垃圾约 0.5kg，则每年生活垃圾产生量约 0.875t。工作人员产生的生活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。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

本项目依托医院综合楼实施建设，楼板混凝土浇筑、机房四周墙体砖结构等工程内容，均已纳入《宜宾和康白花骨科医院扩建项目环境影响报告表》（批复文号：宜环翠屏审批〔2023〕13号）中，本次辐射专项评价不再重复评价土建主体工程，仅针对辐射防护专项施工、室内装修、射线装置搬迁、安装调试阶段开展环境影响分析。针对防护装修、设备安装施工期产生的施工扬尘、施工噪声、建筑垃圾、施工废水、施工人员生活污水及生活垃圾，建设单位拟落实以下污染防治措施：

- 1、**扬尘的防治措施：**施工现场实施全封闭围挡作业，施工期间定时洒水抑尘，同步及时清理现场积尘，降低无组织扬尘扩散影响。
- 2、**废水防治措施：**施工废水产生量较小，施工人员生活污水依托医院现有污水处理系统统一处置，达标后排放。
- 3、**废气防治措施：**作业区域封闭施工，装修材料、建筑垃圾及时清运清理，作业时段加强室内通风换气，减少有机废气、粉尘累积。
- 4、**噪声防治措施：**施工机具优先选用低噪声型号，严格规范作业时段，避免夜间高噪声施工，减轻噪声扰民影响。
- 5、**固废防治措施：**装修建筑垃圾由施工单位分类集中堆放、规范转运处置；施工人员生活垃圾交由辖区环卫部门统一清运处理。

二、设备安装调试期间的环境影响分析

本项目射线装置在安装调试阶段会产生X射线，造成一定辐射影响。在设备安装调试完后，现场会有少量的废包装材料产生。

本项目DSA设备的搬迁运输、安装和调试均由设备厂家专业人员进行，安装和调试均在综合楼DSA机房辐射防护设施建设完成后进行。

在设备安装调试阶段，医院应配合设备厂家加强安装调试现场的辐射安全管理，在此过程中保证各类辐射安全防护设施正常运行。在设备调试期间关闭防护

门，在防护门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。

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周边的辐射影响是可接受的。设备安装完成后，医院方及时回收包装材料及其它固体废物并作为一般固体废物进行处置，不得随意丢弃。

运行阶段对环境的影响

一、辐射环境影响分析

1、操作模式

根据原环境保护部和国家卫生计生委联合发布公告 2017 年第 66 号《射线装置分类办法》，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，出束方向由下而上。

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，医生通过控制室铅窗观察 DSA 机房内病人情况，并通过对讲系统与机房内患者交流。在拍片过程中，医生位于控制室内，经 DSA 机房各屏蔽体屏蔽后，对 DSA 机房外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 DSA 机房，进行治疗时会有连续曝光，并采用连续脉冲透视，此时手术医生身着铅橡胶围裙、戴铅防护眼镜等在 DSA 机房内对病人进行直接的手术操作。

本次分析采用理论预测方法对本项目 DSA 系统在正常运行期间对辐射工作人员及公众的辐射影响分析。

2、运行工况及源强分析

根据医院实际诊疗情况，拍片时，DSA 的常用电压 60~100kV，常用电流为 100~500mA；透视时，DSA 常用管电压为 70~90kV，常用管电流为 6~20mA。根据医院提供的资料，本项目 CGO-2100 Plus 型 DSA 设备过滤材质为 0.5mm 铜滤片，查《辐射防护手册（第一分册）辐射源与屏蔽》图 4.4c，在 0.5mmCu 作为过滤板的条件下，当管电压为 90kV 时（透视最大工况），DSA 距靶 1m 处的照射量率为

0.15R·mA⁻¹·min⁻¹；当管电压为100kV时（拍片最大工况），DSA距靶1m处的照射量率为0.21R·mA⁻¹·min⁻¹。

$$K_a = X_0 \cdot (W/e) \cdot I \cdot 10^3 \dots\dots\dots (式11-1)$$

式中：

- K_a—距靶 1m 处的空气比释动能率，mGy.min⁻¹；
- X₀—距靶 1m 处的照射量率，R(1R=2.58×10⁻⁴C.kg⁻¹)；
- I—管电流，mA；
- W/e—在空气中产生一对离子所需要的平均电离能量，取 33.85eV。

计算结果见下表11-1：

表 11-1 本项目 DSA 常用工况及源强取值

工作模式	常用管电压	常用管电流	最大使用工况	X ₀	K _a
透视	70~90kV	6~20mA	90kV、20mA	0.15R·mA ⁻¹ ·min ⁻¹	26.19mGy·min ⁻¹
拍片	60~100kV	100~500mA	100kV、500mA	0.21R·mA ⁻¹ ·min ⁻¹	916.65mGy·min ⁻¹

经计算后，在透视时管电压为90kV、管电流为20mA时，距靶1m处的剂量率为26.19mGy·min⁻¹；在拍片管电压为100kV、管电流为500mA时，距靶1m处的剂量率H_I为916.65mGy·min⁻¹。

3、关注点辐射环境影响分析

本项目 DSA 投用后，手术过程中 DSA 机房四周及正上方、正下方保护目标，均受到漏射射线和散射射线的影响，DSA 机房正上方受主射辐射的影响，DSA 机房内的辐射工作人员受到散射和漏射的影响。根据电离辐射水平随着距离的增加而衰减的规律，距离 DSA 机房最近关注点可以代表最大可能辐射影响。

本项目共代表性布设 18 个关注点位保护目标，关注点位预测情况见下表，点位图见下图。

表 11-2 本项目关注点位预测一览表

关注点位置	编号	关注点描述	距辐射源最近距离（m）
控制区内职业 人员（DSA机 房内）	1#	第一手术位（主刀医生）	0.5
	2#	第二手术位（助手医生）	0.8
	3#	机房内护士	1.0
监督区内职业	4#	东北侧观察窗外30cm处（控制室内技师）	4.0

人员（DSA辅助用房区域）	5#	东北侧污物进出防护门外30cm处（污物通道工作人员）	5.2
	6#	东北侧医护进出防护门外30cm处（刷手区工作人员）	5.7
	7#	东北侧屏蔽墙外男女更衣换鞋、办公室区域的工作人员	8.0
	8#	西南侧屏蔽墙体外30cm处（设备机房的工作人员）	4.0
其余方位代表性的公众	9#	西南侧患者进出防护门外30cm处（病人准备室内的患者及陪护家属）	5.7
	10#	西南侧屏蔽墙外护士站、运动康复、诊室等南部区域的公众	8.0
	11#	西北侧屏蔽墙外30cm处（走廊区域的公众）	4.0
	12#	西北侧屏蔽墙外胃镜检查区域的公众	7.0
	13#	东南侧屏蔽墙外30cm处（院内道路、院内景观等其他区域公众）	4.0
	14#	DSA机房正下方30cm处（地下停车场区域的公众）	5.7
	15#	DSA机房正上方30cm处（等候区、护士站、女更衣室、男更衣室、治疗配液室的公众）	4.2

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）公式C.1及附录表C.2、C.3不同管电压X射线辐射在其他屏蔽物质中衰减的 α 、 β 、 γ 拟合值，按公式 11-2计算辐射透射因子B：

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

式中：

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。

散射线的屏蔽透射因子将根据实际情况，采用实际工况下散射线拟合参数进行计算；泄漏射线因和主射线能量一样，故保守采用实际常用工况下主射线拟合参数计算其漏射的屏蔽透射因子。

表 11-3 屏蔽材料对 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

根据公式 11-2 计算，DSA 机房不同防护措施对应的屏蔽减弱因子见下表 11-4。

表 11-4 DSA 机房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	等效约合 铅当量	屏蔽减弱 因子（透 视）	屏蔽减弱因子（拍片）	
				主束、漏 射	散射
四周墙体	370mm 实心砖墙	3.92mmPb	4.72E-07	4.14E-06	6.28E-06
防护门	3mm 铅当量铅门	3mmPb	7.93E-06	4.14E-05	6.31E-05
观察窗	3mm 铅当量铅玻璃	3mmPb	7.93E-06	4.14E-05	6.31E-05
屋顶	120mm 混凝土+40mm 厚硫酸钡水泥砂浆	3.83mmPb	6.22E-07	5.18E-06	7.87E-06
地面	180mm 混凝土+15mm 厚硫酸钡水泥砂浆	3.32mmPb	2.97E-06	1.86E-05	2.83E-05
手术医生位	0.5mmPb 铅衣+0.5mmPb 铅帘	1mmPb	4.08E-03	/	/
护士位	0.5mmPb 铅衣	0.5mmPb	2.52E-02	/	/

注：根据医院实际使用情况，DSA 床侧配备有 2 副床下铅帘，满足手术时主刀医生和助手医生均被铅帘有效遮挡。

（1）主射线束方向影响分析

①计算模式

本项目主射束的屏蔽防护影响根据下式进行计算：

$$D_r = D_I \cdot B / R^2 \dots\dots\dots \text{（式 11-3）}$$

式中：

D_r —预测点处辐射空气吸收剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

D_I —X 射线在 1m 处的辐射空气吸收剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

B —屏蔽材料对 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

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，则主射方向照射量率取主射线束的 10%。

将相关参数代入（式 11-3）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 11-5：

表 11-5 DSA 机房主射方向预测点年有效剂量估算

预测点 保护目标	屏蔽材料与 厚度及等效 铅当量 (mm)	屏蔽厚度 (mmPb)	与出束口 直线距离 (m)	屏蔽透射 因子	衰减 倍数	照射 类型	预测点辐射 剂量率 (μGy/h)
15#DSA 机房正 上方 30cm 处(等 候区、护士站、 女更衣室、男更 衣室、治疗配液 室的公众)	120mm 混 凝土+40mm 厚硫酸钡水 泥砂浆	3.83	5.3	6.22E-07	10	透视	3.48E-03
				5.18E-06	10	拍片	1.01E+00

（2）病人体表散射辐射剂量估算

$$H_s = \frac{H_0 \cdot \alpha \cdot B \cdot s}{(d_0 \cdot d_s)^2} \dots\dots\dots \text{（式11-4）}$$

式中：

H_s ——预测点处的散射剂量率，μGy/h；

H_0 ——距靶 1m 处的剂量率，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 查表取得当 400cm² 散射面积时， $\alpha=1.3 \times 10^{-3}$ ；故当 1cm² 散射面积时， $\alpha=3.25 \times 10^{-6}$ （90° 散射）；

s ——散射面积，cm²，取 100cm²；

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。

各预测点散射辐射剂量率计算参数及结果见下表 11-6。

表 11-6 散射辐射各预测点散射辐射剂量率计算参数及结果

关注点保护目标	靶点距 关注点的 距离 (m)	屏蔽材料及厚度	屏蔽材料 折合铅当 量(mmPb)	照射 类型	屏蔽减弱因 子	散射辐射剂 量率 (μGy/h)
---------	--------------------------	---------	-------------------------	----------	------------	------------------------

1#第一手术位（主刀医生）	0.5	0.5mmPb 铅衣 +0.5mmPb 铅帘	1	透视	4.08E-03	8.33E+00
2#二手术位（助手医生）	0.8	0.5mmPb 铅衣 +0.5mmPb 铅帘	1	透视	4.08E-03	3.25E+00
3#机房内护士	1.0	0.5mmPb 铅衣	0.5	透视	2.52E-02	1.29E+01
4#东北侧观察窗外 30cm 处（控制室内技 师）	4.0	3mm 铅当量铅玻 璃	3	透视	7.93E-06	2.53E-04
				拍片	4.14E-05	4.63E-02
5#东北侧污物进出防护 门外 30cm 处（污物通道 工作人员）	5.2	3mm 铅当量铅门	3	透视	7.93E-06	1.50E-04
				拍片	4.14E-05	2.74E-02
6#东北侧医护进出防护 门外 30cm 处（刷手区工 作人员）	5.7	3mm 铅当量铅门	3	透视	7.93E-06	1.25E-04
				拍片	4.14E-05	2.28E-02
7#东北侧屏蔽墙外男女 更衣换鞋、办公室区域 的工作人员	8.0	370mm 实心砖墙	3.92	透视	4.72E-07	3.76E-06
				拍片	4.14E-06	1.16E-03
8#西南侧屏蔽墙体外 30cm 处（设备机房的工 作人员）	4.0	370mm 实心砖墙	3.92	透视	4.72E-07	1.51E-05
				拍片	4.14E-06	4.63E-03
9#西南侧患者进出防护 门外 30cm 处（病人准备 室内的患者及陪护家 属）	5.7	3mm 铅当量铅门	3	透视	7.93E-06	1.25E-04
				拍片	4.14E-05	2.28E-02
10#西南侧屏蔽墙外护 士站、运动康复、诊室 等南半部区域的公众	8.0	370mm 实心砖墙	3.92	透视	4.72E-07	3.76E-06
				拍片	4.14E-06	1.16E-03
11#西北侧屏蔽墙外 30cm 处（走廊区域的公 众）	4.0	370mm 实心砖墙	3.92	透视	4.72E-07	1.51E-05
				拍片	4.14E-06	4.63E-03
12#西北侧屏蔽墙外胃 镜检查区域的公众	7.0	370mm 实心砖墙	3.92	透视	4.72E-07	4.92E-06
				拍片	4.14E-06	1.51E-03
13#东南侧屏蔽墙外 30cm 处（院内道路、院 内景观等其他区域公 众）	4.0	370mm 实心砖墙	3.92	透视	4.72E-07	1.51E-05
				拍片	4.14E-06	4.63E-03
14#DSA 机房正下方 30cm 处（地下停车场区 域的公众）	4.2	180mm 混凝土 +15mm 厚硫酸钡 水泥砂浆	3.32	透视	2.97E-06	8.59E-05
				拍片	1.86E-05	1.88E-02

（3）泄漏辐射剂量估算

各预测点的泄漏辐射剂量率可用下(式 11-9)进行计算。

$$H_{\text{漏}} = \frac{H_L \cdot B}{R^2} \dots\dots\dots \text{(式11-5)}$$

式中：

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

H_L —距靶点 1m 处泄漏射线的剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；根据《医用电气设备 第 1-3 部分：基本安全和基本性能的通过要求并列标准：诊断 X 射线设备的辐射防护》（GB 9706.103-2020）中 12.4：“X 射线管组件和 X 射线源组件在加载状态下的漏射辐射，当其在相当于基准加载条件下以标称 X 射线管电压运行时，距焦点 1m 处，1 小时内任一 100cm² 区域（主要线性尺寸不大于 20cm）的空气比释动能不应超过 1.0mGy”，本项目射线装置在 1m 处泄漏射线的空气比释动能率保守取 1000 $\mu\text{Gy/h}$ ；

r —靶点距关注点的距离，m；

B ——减弱因子，保守按照有用（主射束）屏蔽透射因子进行取值。

各预测点泄漏辐射剂量率计算参数及结果见下表 11-7。

表 11-7 各预测点的泄漏辐射剂量率计算参数及结果

关注点保护目标	靶点距关注点的距离 (m)	屏蔽材料及厚度	屏蔽材料折合铅当量 (mmPb)	照射类型	屏蔽减弱因子	漏射辐射剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)
1#第一手术位（主刀医生）	0.5	0.5mmPb 铅衣+0.5mmPb 铅帘	1	透视	4.08E-03	1.63E+01
2#二手术位（助手医生）	0.8	0.5mmPb 铅衣+0.5mmPb 铅帘	1	透视	2.52E-02	6.38E+00
3#机房内护士	1.0	0.5mmPb 铅衣	0.5	透视	2.52E-02	2.52E+01
4#东北侧观察窗外 30cm 处（控制室内技师）	4.0	3mm 铅当量铅玻璃	3	透视	7.93E-06	4.96E-04
				拍片	6.31E-05	3.94E-03
5#东北侧污物进出防护门外 30cm 处（污物通道工作人员）	5.2	3mm 铅当量铅门	3	透视	7.93E-06	2.93E-04
				拍片	6.31E-05	2.33E-03
6#东北侧医护进出防护门外 30cm 处（刷手区工作人员）	5.7	3mm 铅当量铅门	3	透视	7.93E-06	2.44E-04
				拍片	6.31E-05	1.94E-03
7#东北侧屏蔽墙外男女	8.0	370mm 实心砖墙	3.92	透视	4.72E-07	7.38E-06

更衣换鞋、办公室区域的工作人员				拍片	6.28E-06	9.81E-05
8#西南侧屏蔽墙体外30cm处（设备机房的工作人员）	4.0	370mm 实心砖墙	3.92	透视	4.72E-07	2.95E-05
				拍片	6.28E-06	3.93E-04
9#西南侧患者进出防护门外30cm处（病人准备室内的患者及陪护家属）	5.7	3mm 铅当量铅门	3	透视	7.93E-06	2.44E-04
				拍片	6.31E-05	1.94E-03
10#西南侧屏蔽墙外护士站、运动康复、诊室等南半部区域的公众	8.0	370mm 实心砖墙	3.92	透视	4.72E-07	7.38E-06
				拍片	6.28E-06	9.81E-05
11#西北侧屏蔽墙外30cm处（走廊区域的公众）	4.0	370mm 实心砖墙	3.92	透视	4.72E-07	2.95E-05
				拍片	6.28E-06	3.93E-04
12#西北侧屏蔽墙外胃镜检查区域的公众	7.0	370mm 实心砖墙	3.92	透视	4.72E-07	9.63E-06
				拍片	6.28E-06	1.28E-04
13#东南侧屏蔽墙外30cm处（院内道路、院内景观等其他区域公众）	4.0	370mm 实心砖墙	3.92	透视	4.72E-07	2.95E-05
				拍片	6.28E-06	3.93E-04
14#DSA 机房正下方30cm处（地下停车场区域的公众）	5.7	180mm 混凝土+15mm 厚硫酸钡水泥砂浆	3.32	透视	2.97E-06	1.68E-04
				拍片	2.83E-05	1.60E-03

（4）关注点周围剂量当量率综合分析

根据《外照射放射防护剂量转换系数标准》（WS/T830-2024）表 G.1 中 100kV（拍片）下空气比释动能到周围剂量当量的转换系数为 1.65；由于表格中无 90kV（透视）管电压下空气比释动能到周围剂量当量的转换系数相关数据，因此根据表格中对应 80kV 和 100kV 下的转换系数，插值法计算出 90kV（透视）下空气比释动能到周围剂量当量的转换系数为 1.685。经过转换后本项目保护目标周围剂量当量率估算结果表见下表 11-8。

表 11-8 本项目保护目标周围剂量当量率估算结果表

位置	关注点位保护目标	照射类型	辐射剂量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）			
			主射	散射	漏射	综合剂量率
控制区内职业人员（DSA 机房内）	1#第一手术位（主刀医生）	透视	/	1.40E+01	2.75E+01	4.15E+01
	2#二手术位（助手医生）	透视	/	5.48E+00	1.07E+01	1.62E+01
	3#机房内护士	透视	/	2.17E+01	4.25E+01	6.41E+01

监督区内职业人员(DSA辅助用房区域)	4#东北侧观察窗外 30cm 处(控制室内技师)	透视	/	4.26E-04	8.35E-04	1.26E-03
		拍片	/	7.63E-02	6.51E-03	8.28E-02
	5#东北侧污物进出防护门外 30cm 处(污物通道工作人员)	透视	/	2.52E-04	4.94E-04	7.46E-04
		拍片	/	4.52E-02	3.85E-03	4.90E-02
	6#东北侧医护进出防护门外 30cm 处(刷手区工作人员)	透视	/	2.10E-04	4.11E-04	6.21E-04
		拍片	/	3.76E-02	3.20E-03	4.08E-02
	7#东北侧屏蔽墙外男女更衣换鞋、办公室区域的工作人员	透视	/	6.34E-06	1.24E-05	1.88E-05
		拍片	/	1.91E-03	1.62E-04	2.07E-03
其余方位代表性的公众	8#西南侧屏蔽墙体外 30cm 处(设备机房的工作人员)	透视	/	2.54E-05	4.97E-05	7.51E-05
		拍片	/	7.63E-03	6.48E-04	8.28E-03
	9#西南侧患者进出防护门外 30cm 处(病人准备室内的患者及陪护家属)	透视	/	2.10E-04	4.11E-04	6.21E-04
		拍片	/	3.76E-02	3.20E-03	4.08E-02
	10#西南侧屏蔽墙外护士站、运动康复、诊室等南半部区域的公众	透视	/	6.34E-06	1.24E-05	1.88E-05
		拍片	/	1.91E-03	1.62E-04	2.07E-03
	11#西北侧屏蔽墙外 30cm 处(走廊区域的公众)	透视	/	2.54E-05	4.97E-05	7.51E-05
		拍片	/	7.63E-03	6.48E-04	8.28E-03
	12#西北侧屏蔽墙外胃镜检查区域的公众	透视	/	8.28E-06	1.62E-05	2.45E-05
		拍片	/	2.49E-03	2.11E-04	2.70E-03
	13#东南侧屏蔽墙外 30cm 处(院内道路、院内景观等其他区域公众)	透视	/	2.54E-05	4.97E-05	7.51E-05
		拍片	/	7.63E-03	6.48E-04	8.28E-03
	14#DSA 机房正下方 30cm 处(地下停车场区域的公众)	透视	/	1.45E-04	2.84E-04	4.28E-04
		拍片	/	3.11E-02	2.65E-03	3.37E-02
	15#DSA 机房正上方 30cm 处(等候区、护士站、女更衣室、男更衣室、治疗配液室的公众)	透视	5.86E-03	/	/	5.86E-03
		拍片	1.67E+00	/	/	1.67E+00

由表 11-8 计算结果可知：本项目 DSA 机房屏蔽体外透视功能时最大辐射剂量率为 5.86E-03 μ Sv/h，拍片功能时最大辐射剂量率为 1.67 μ Sv/h，分别小于对应的剂量限值 2.5 μ Sv/h。

(5) 关注点年辐射剂量分析

根据表一关于职业人员工作模式分析，手术医生和护士的辐射暴露贡献几乎

全部来源于透视工况下机房内近台操作产生的直接照射；拍片工况下，手术医生和护士均位于机房外，射线经机房屏蔽体大幅衰减后方可达其所在位置，且拍片年受照时间较低，因此拍片工况产生的附加辐射剂量数值极低，经叠加后相对机房内透视直接受照剂量可忽略不计。综上，本次手术医生和护士的年度有效受照剂量核算仅计入透视工况下机房内直接受照产生的辐射剂量，拍片工况剂量不再叠加计入。

关注点年最大有效剂量估算公式如下：

$$E = H \cdot t \cdot T \cdot 10^{-3} \quad \dots\dots\dots (式11-6)$$

式中：

E —辐射外照射人均年有效剂量，mSv；

H —辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

t —年工作时间，h；

T —居留因子。

表 11-9 本项目各预测点理论预测最大受照剂量统计表

关注点位保护目标		照射类型	综合剂量率 (μSv/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
1#第一手术位（主刀医生）	心血管内科	透视	4.15E+01	70	1	2.91E+00	2.91E+00	职业
	综合介入科			63.3	1	2.63E+00	2.63E+00	
2#第二手术位（助手医生）	心血管内科	透视	1.62E+01	70	1	1.14E+00	1.14E+00	职业
	综合介入科			63.3	1	1.03E+00	1.03E+00	
3#机房内护士		透视	6.41E+01	13.33	1	8.55E-01	8.55E-01	职业
4#东北侧观察窗外 30cm处（控制室内技师）		透视	1.26E-03	133.33	1	1.68E-04	5.24E-04	职业
		拍片	8.28E-02	4.3		3.56E-04		
5#东北侧污物进出防护门外 30cm 处（污物通道工作人员）		透视	7.46E-04	133.33	1	9.95E-05	3.10E-04	职业
		拍片	4.90E-02	4.3		2.11E-04		
6#东北侧医护进出防护门外 30cm 处（刷手区工作人员）		透视	6.21E-04	133.33	1	8.28E-05	2.58E-04	职业
		拍片	4.08E-02	4.3		1.75E-04		
7#东北侧屏蔽墙外男女更衣换鞋、办公室区域的工作人员		透视	1.88E-05	133.33	1	2.51E-06	1.14E-05	职业
		拍片	2.07E-03	4.3		8.90E-06		
8#西南侧屏蔽墙体外		透视	7.51E-05	133.33	1	1.00E-05	4.56E-05	职业

30cm处（设备机房的工作人员）	拍片	8.28E-03	4.3		3.56E-05		
9#西南侧患者进出防护门外 30cm 处（病人准备室内的患者及陪护家属）	透视	6.21E-04	133.33	1/4	2.07E-05	6.46E-05	公众
	拍片	4.08E-02	4.3		4.39E-05		
10#西南侧屏蔽墙外护士站、运动康复、诊室等南半部区域的公众	透视	1.88E-05	133.33	1	2.51E-06	1.14E-05	公众
	拍片	2.07E-03	4.3		8.90E-06		
11#西北侧屏蔽墙外 30cm 处（走廊区域的公众）	透视	7.51E-05	133.33	1/8	6.26E-07	2.85E-06	公众
	拍片	8.28E-03	4.3		2.23E-06		
12#西北侧屏蔽墙外胃镜检查区域的公众	透视	2.45E-05	133.33	1	3.27E-06	1.49E-05	公众
	拍片	2.70E-03	4.3		1.16E-05		
13#东南侧屏蔽墙外 30cm 处（院内道路、院内景观等其他区域公众）	透视	7.51E-05	133.33	1/8	6.26E-07	2.85E-06	公众
	拍片	8.28E-03	4.3		2.23E-06		
14#DSA 机房正下方 30cm 处（地下停车场区域的公众）	透视	4.28E-04	133.33	1/8	3.57E-06	1.26E-05	公众
	拍片	3.37E-02	4.3		9.06E-06		
15#DSA 机房正上方 30cm 处（等候区、护士站、女更衣室、男更衣室、治疗配液室的公众）	透视	5.86E-03	133.33	1	7.81E-04	7.96E-03	公众
	拍片	1.67E+00	4.3		7.18E-03		

由表 11-9 可知，DSA 运营期间第一手术位主刀医生最大有效剂量为 2.91 mSv/a，第二手术位助手医生最大有效剂量为 1.14mSv/a，护士最大有效剂量为 8.55E-01 mSv/a，控制室内隔室操作的技师最大有效剂量均为 5.24E-04mSv/a，周围公众最大有效剂量为 7.96E-03mSv/a，均低于本次评价确定的职业人员 5mSv/a、公众 0.1mSv/a 的剂量约束值，也均低于《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、公众 1mSv/a 的剂量限值。

根据电离辐射水平随着距离的增加而衰减的规律，距离 DSA 机房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，实际工作中，常用管电压和管电流远低于预测工况，且项目运行产生的 X 射线经墙体、门窗屏蔽、距离衰减后，DSA 机房周围环境保护目标受照剂量远低于预测剂量，对 DSA 机房周围公众影响更小。

（6）医生腕部皮肤受照剂量

医生介入手术操作时，会穿连体铅衣、戴介入防护手套、铅防护眼镜、铅橡

胶颈套等防护用品，通常站立于介入治疗病床侧面，面对病患，受到散射和漏射线束照射，由于手术过程中手术医生随时在活动，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 时间主刀医生在受照位置进行插入导管等操作，此时主刀医生腕部受铅防护手套（0.025mmPb）保护；②预计在剩余透视时的 4/5 时间内主刀医生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。

本项目采用理论预测分析介入手术医生腕部所受到的皮肤剂量，减弱因子参照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）公式 C.1 以及附录表 C.2，则手术时医生腕部所受的最大辐射剂量见下表：

表 11-10 本项目手术医生腕部最大辐射剂量率表

关注点部位	射线源距关注点的距离 (m)	屏蔽材料及厚度	屏蔽材料折合铅当量 (mmPb)	减弱因子	散射辐射剂量率 (μGy/h)	漏射辐射剂量率 (μGy/h)	综合剂量率 (μGy/h)
手术医生腕部	0.5	0.025mmPb 铅手套	0.025	6.26E-01	1.28E+03	2.50E+03	3.78E+03
		0.025mmPb 铅手套+0.5mmPb 铅悬挂防护屏	0.525	2.27E-02	4.63E+01	9.08E+01	1.37E+02

腕部皮肤受照剂量：

手术医生在 DSA 机房内进行介入手术时，第一手术位主刀医生腕部距离辐射源（非主射束方向）最近，因 X 射线随着距离的增加呈现衰减趋势，故以第一手术位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《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ/T244-2017）中的公式估算 DSA 机房内人员年皮肤吸收剂量：

$$D_s = C_{ks} (\dot{k} \cdot t) \cdot 10^{-3} \quad (\text{式 11-7})$$

$$\dot{k} = \frac{\dot{H}_{(10)}^*}{C_{KH}} \quad (\text{式 11-8})$$

式中： D_s —皮肤吸收剂量，mGy；

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

C_{KS} —空气比释动能到皮肤吸收剂量的转化系数（ Gy/Gy ）；

t —人员累积受照时间， h ；

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

C_{KH} —空气比释动能到周围剂量当量的转化系数（ Sv/Gy ）。

理论计算：根据不同科室主刀手术医生的工作量分配情况，人均保守受照时间最长为 70h，根据上述分析有如下两种情况：①手术医生在透视时预计有 1/5 时间在受照位置进行插入导管等操作，此时受照时间为 14h（70h×1/5），根据表 11-10 分析，腕部位置处的剂量当量率为 3.78E+03 $\mu\text{Gy/h}$ ；②手术医生在透视时预计有 4/5 时间在非受照位置进行手术操作时，此时受照时间为 56h（70h×4/5），根据表 11-9 分析，腕部位置处的剂量当量率为 1.37E+02 $\mu\text{Gy/h}$ 。

本项目 DSA 可近似地视为垂直入射，而且是 AP 入射方式。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 $C_{KH}=1.72\text{Sv/Gy}$ ，由（公式 11-8）计算出手术医生在上述两种受照情况下辐射场的空气比释动能分别为 2.20E+03 $\mu\text{Gy/h}$ 、7.97E+01 $\mu\text{Gy/h}$ 。

根据《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ/T244-2017）表 A.4 中查得空气比释动能到皮肤吸收剂量的最大转换系数 $C_{KS}=1.134\text{mGy/mGy}$ （以男性医护人员进行估算）。根据式 11-7，手术医生在受照位置进行插入导管等操作时，医生手术位腕部皮肤受照当量剂量为：34.93mGy/a，手术医生在非受照位置进行手术操作时，医生手术位腕部皮肤受照当量剂量为：5.06mGy/a，则手术医生腕部皮肤受照当量剂量叠加共为 39.99mGy/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（手和足）或皮肤的年当量剂量不超过 500mSv 的要求，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限值，即不超过 125mSv/a 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 DSA 机房

内的职业人员均应按辐射工作人员进行管理，介入手术时手术医生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，应将病人病灶以外的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。

(7) 介入治疗对医生和患者的辐射防护要求

介入治疗是一种解决临床疑难病的新方法，但介入治疗时 X 射线曝光量大，曝光时间长，距球管和散射体近，使介入治疗操作者受到大剂量的 X 射线照射。为了减少介入治疗时 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：

介入治疗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，制定和执行介入治疗的质量保证计划。

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做好患者非照射部位的保护工作。

(8) 射线装置报废

射线装置在报废前，应采取去功能化的措施（如拆除电源和拆解加高压射线管），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

本项目拟在 DSA 机房内设置通排风系统（风量为 1000m³/h），产生的臭氧通过排风管道从 DSA 机房内引出，排风口位于 DSA 机房东侧吊顶处，产生的臭氧经排风管道穿过东侧墙体外排出，经自然分解和稀释，不会对周边环境产生明显影响。

三、废水环境影响分析

本项目废水主要为辐射工作人员的生活污水。本项目产生的废水依托医院已建的污水管道和污水处理站，处理达《医疗机构水污染物排放标准》（GB 18466-2005）表 2 中预处理标准后，再通过市政污水管网进入白花镇污水处理厂处理，处理达标后排放。

四、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，按每台手术产生约 2kg 的医疗废物，每年 DSA 介入室预计手术量为 400 台，则每年固体废物产生量约为 800kg（0.8t）。项目产生的医疗废物经打包后与医院其他医疗废物一起在住院楼负一层医疗废物暂存间内暂存，最终统一交由有相应资质的单位收运处置（医院目前已与宜宾康润医疗废弃物集中处理有限公司签订了医疗废物处置协议）。
- ③本项目拟配置 7 名辐射工作人员，每人每天产生生活垃圾约 0.5kg，则每天生活垃圾产生量约 3.5kg（0.0035t），每年生活垃圾产生量约 0.875t。工作人员产生的生活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。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。

五、声环境影响分析

本项目所有设备选用低噪声设备，噪声主要为风机噪声，最大源强不超过 65dB（A），且均处于室内，通过建筑墙体隔声及距离衰减后，运行期间噪声满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）2 类标准。

辐射事故影响分析

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事故，只有当机器运行期间才会产生 X 射线等危害因素，所以最大可能的事故情景为：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；手术过程中，人员误入或滞留在 DSA 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

根据《放射源同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令 449 号）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，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，详见表 11-11。

表 11-11 项目的环境风险因子、潜在危害及事故等级

事故等级	事故类型
特别重大辐射事故	I 类、II 类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射性同位素和射线装置失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡。
重大辐射事故	I 类、II 类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 2 人以下（含 2 人）急性死亡或者 10 人以上（含 10 人）急性重度放射病、局部器官残疾。
较大辐射事故	III 类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 9 人以下（含 9 人）急性重度放射病、局部器官残疾。
一般辐射事故	IV 类、V 类放射源丢失、被盗、失控，或放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

同时根据《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017），急性放射病发生参考剂量见表 11-12。

表 11-12 急性放射病初期临床反应及受照剂量范围参考值

急性放射病	分度	受照剂量范围参考值
骨髓型急性放射病	轻度	1.0Gy~2.0Gy
	中度	2.0Gy~4.0Gy
	重度	4.0Gy~6.0Gy
	极重度	6.0Gy~10.0Gy
肠型急性放射病	轻度	10.0Gy~20.0Gy
	中度	/
	重度	20.0Gy~50.0Gy
	极重度	/
脑型急性放射病	轻度	10.0Gy~100.0Gy

	中度	100Gy
	重度	
	极重度	
	死亡	

四、最大可能性辐射事故分析

(1) 事故分析

本项目涉及Ⅱ类射线装置，运营期间存在的风险和潜在危害及事故隐患如下：

表 11-13 项目环境风险和可能发生的事故情景

设备名称	类型	风险因子	可能发生的辐射事故
DSA	Ⅱ类射线装置	X射线	①介入手术操作过程中，介入手术人员未采取任何防护的情况下位于非主射方向进行透视手术操作。②在装置运行时，公众误入机房或者未撤离DSA机房，造成不必要的照射。

DSA 设备运行期间可能发生事故类型及相关参数情况如下表所示：

表 11-14 DSA 设备运行期间可能发生事故类型及相关参数

序号	事故情景	受照人员	设备参数	距靶1m处剂量率 $\mu\text{Sv/h}$	射束方向
1	手术期间误照射	手术医生	90kV/20mA (按透视运行参数)	1.57E+06	散射、漏射
2	公众误入DSA机房内或未撤离	误入人员	90kV/20mA (按透视运行参数)	1.57E+06	散射、漏射

(2) 剂量估算

①手术期间可能发生的辐射事故情景

本项目射线装置出束方向固定向上，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透视手术操作，受到非主射方向的照射。

根据机房内职业人员不同职责，选取不同手术距离，不同曝光时间（保守取至最长透视时间 20min），介入手术操作人员所受辐射剂量估算详见表 11-15。

表 11-15 介入手术过程中误照射不同距离、时间人员受照剂量表

关注点与射线装置的距离 (m)	时间 (min)	散射所致剂量 (mSv/次)	漏射所致剂量 (mSv/次)	总剂量 (mSv/次)
0.5	1.0	3.40E-02	6.67E-02	1.01E-01
	5.0	1.70E-01	3.33E-01	5.03E-01
	10.0	3.40E-01	6.67E-01	1.01E+00
	20.0	6.80E-01	1.33E+00	2.01E+00
0.8	1.0	1.33E-02	2.60E-02	3.93E-02
	5.0	6.64E-02	1.30E-01	1.96E-01

1.0	10.0	1.33E-01	2.60E-01	3.93E-01
	20.0	2.66E-01	5.21E-01	7.87E-01
	1.0	8.50E-03	1.67E-02	2.52E-02
	5.0	4.25E-02	8.33E-02	1.26E-01
	10.0	8.50E-02	1.67E-01	2.52E-01
	20.0	1.70E-01	3.33E-01	5.03E-01

②公众误入 DSA 机房或未及时撤离辐射事故情景

在装置运行时，公众误入 DSA 机房或未及时撤离的情况下进行照射操作，对人员造成不必要的照射。

则在不同距离，不同曝光时间（本项目手术床旁及控制室内设置有“紧急停止”按钮，只要按下按钮就可以停机，人员反应时间取 30s），人员误入所受辐射剂量估算详见表 11-16。

表 11-16 公众误入 DSA 机房误照射不同距离、时间人员受照剂量表

关注点与射线装置的距离 (m)	时间 (s)	散射所致剂量 (mSv/次)	漏射所致剂量 (mSv/次)	总剂量 (mSv/次)
1	5	7.09E-04	1.39E-03	2.10E-03
	10	1.42E-03	2.78E-03	4.20E-03
	15	2.13E-03	4.17E-03	6.30E-03
	30	4.25E-03	8.33E-03	1.26E-02
2	5	1.77E-04	3.47E-04	5.24E-04
	10	3.54E-04	6.94E-04	1.05E-03
	15	5.32E-04	1.04E-03	1.57E-03
	30	1.06E-03	2.08E-03	3.14E-03

(3) 事故后果

①根据表 11-15 可知，本项目介入手术人员在距离射线束最近距离随着时间的推移，非主射方向上最大可能受照剂量为 2.01mSv/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，不构成辐射事故。

②根据表 11-16 可知，公众误入或未及时撤离机房，在不同位置随着时间推移，非主射方向上最大可能受照剂量为 1.26E-02mSv/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 1mSv/a 的剂量限值，不构成辐射事故，但在极端情况下，随着误照时间的持续增加，可能会造成一般辐射事故。

五、事故情况下的环境影响分析与防范应对措施

(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；手术过程中，人员误入或滞留在 DSA 机房内而造成非主射方向的误照射。

应对措施：介入手术人员佩戴剂量报警仪进行手术；安装两套独立的剂量监测系统，每套皆可单独终止照射；当有人员误入或滞留时，人员可立即按动设备自带紧急停机按钮逃出 DSA 机房。本项目控制台上亦配置有紧急停机按钮，在紧急情况下可按动这类紧急按钮。

(2) 公众误入机房或未撤离机房导致误照射

应对措施：加强辐射防护管理，每次手术前确保 DSA 机房内没有无关人员，并保证防护门处于关闭状态下方可开展工作。

(3) DSA 设备维护人员在维护 DSA 射线管或测量探测器时，射线管处于出束状态，维修人员处于主射方向。

应对措施：检修人员必须佩戴个人剂量计和剂量报警仪；当有人员误入或滞留时，人员可立即按动设备自带紧急停机按钮逃出机房。本项目控制台上亦配置有紧急停机按钮，在紧急情况下可按动这类紧急按钮。

(4) 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。

(5) 管理应对措施

医院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，避免各辐射工作场所出现人员滞留事故发生；定期检查各辐射工作场所的门机连锁等辐射安全环保设施是否有效，同时应当加强控制区和监督区的管理，避免人员误入事故的发生。

当事故发生时应当立即启动事故应急程序，对于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制定医院重大事故处理预案、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。

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，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机构的设置

一、辐射安全与环境保护管理机构的设置

为更好地贯彻执行国家有关放射性污染防治的法律法规，落实生态环境部颁布的有关辐射安全管理的文件精神，加强对本单位辐射作业安全管理，强化责任意识，安全意识，建设单位已成立辐射安全与环境保护管理领导小组。（附件 4）

（1）领导小组组成

一、小组成员

组 长：罗敏

副组长：张雄、张晓冬、张绍芳

成 员：谷家权、魏波、陈洁

辐射安全与防护委员会下设办公室在放射科，由谷家权负责日常工作。

二、小组工作职责

（一）辐射管理领导小组负责全院辐射防护安全的监督管理、辐射事故应急处理工作。

（二）组长职责：负责全院辐射防护管理的组织领导工作。

（三）副组长职责：制订本院辐射安全与防护工作的计划和总结；对辐射安全控制效果进行评议；定期对突发辐射事故应急预案各辐射安全与防护制度进行修订。

（四）组员职责：

1、负责全院辐射防护安全各项管理工作的协调、监督，资料收集、整理、归档、报送，年度总结和计划。

2、负责全院辐射工作人员职业健康监护档案的建立和保管，以及职业健康检查、个人剂量监测等管理工作，组织实施辐射工作人员关于辐射安全与防护相关的法律法规。

3、定期组织辐射安全管理领导小组成员开展放射卫生管理、辐射防护监督检查和整改督促工作。

4、负责《辐射安全许可证》校验管理。

5、负责辐射工作场所、放射诊疗设备“防护与性能年度检测”“辐射环境年度监测”和仪器强制性检定校验工作。

6、负责全院新（改、扩）建放射诊疗建设项目卫生和环保审批工作，包括环境影响评价报告书（表）编制、环境影响批复、职业病危害放射防护预评价、设计审查、控制效果评价、竣工验收和《辐射安全许可证》办理等工作。

（2）需要完善的相关内容

根据医院辐射安全与环境保护委员会机构文件，医院还需在以下几个方面对文件进行完善：

①完善辐射安全管理小组职责和机构成员职能分工；

②完善领导小组日常办公地点、相关联系人电话；

③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；

④发生放射事故事件和和个人剂量异常事件后，积极组织开展事故原因调查，并按照程序向生态环境主管部门报告；

⑤定期维护检查辐射工作场所安全设施设备，确保实时有效。

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 DSA 拟配置 7 名辐射工作人员，其中手术医生 4 名，技师 1 名，护士 2 名。医生护士技师均为医院既有辐射工作人员。今后医院可根据开展项目的实际情况适当调整辐射工作人员配置；工作制度：医院实行每年工作 250 天，每天 8 小时的工作制度。

②依据《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）和《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（生态环境部公告 2021 年第 9 号）要求，操作 II 类射线装置的人员应取得辐射安全与防护培训合格单。该院现有登记辐射工作人员 35 名，其中 7 名通过生态环境部门考核并持有合格单；本项目 DSA 设备作业调配的 7 名工作人员均属于该 7 名持证人员。今后新增辐射工作人员，需完成辐射安全防护培训且考核合

格，方可上岗作业。

③射线装置操作人员均需取得射线装置操作证书，熟悉专业技术。

④医院应定期委托有资质的单位对辐射工作人员个人剂量进行检测，且应建立辐射工作人员个人剂量档案管理。

辐射安全管理规章制度

1、辐射安全综合管理要求及落实情况

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》“第十六条”和《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引（2025 年版）》等，建设单位需具备的辐射安全管理要求见表 12-1。

表 12-1 建设单位辐射安全与防护管理基本要求汇总对照分析表

序号	辐射安全管理要求	落实情况	备注
1	从事生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位,应持有有效的辐射安全许可证	拟重新办理辐射安全许可证增项	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等相关规定要求
2	辐射工作人员应参加专业培训机构辐射安全知识和法规的培训并持证上岗	本项目拟配备 7 名辐射工作人员为医院既有的工作人员，均为持证人员。	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关规定要求
3	使用 I 类、II 类射线装置的单位，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构	医院已成立“辐射安全与环境保护管理领导小组”，有专人负责辐射安全管理工作	满足《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引（2025 年版）》等相关规定要求
4	需为辐射工作人员配备满足辐射防护要求的个人防护用品，并根据项目内容和开展的辐射活动，配置必要的辐射监测、放射性同位素、表面污染去污及现场警戒等方面的应急物资。	医院按照表 10-6 进行辐射防护设施的配备，制定《辐射工作场所和环境辐射水平监测方案》、《监测仪表使用与校验管理制度》等制度并严格执行监测计划	满足《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引（2025 年版）》等相关规定要求
5	辐射工作单位应针对可能发生的辐射事故风险，制定相应辐射事故应急预案	根据本项目实际情况补充完善《辐射事故应急预案》	满足《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引（2025 年版）》等相关规定要求

6	核技术利用单位应建立健全的辐射安全和防护管理规章制度及辐射工作单位基础档案	需对现有辐射安全和防护管理规章制度等进行完善	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引（2025 年版）》等相关规定要求
7	个人剂量监测、职业健康检查及档案管理	医院应做好辐射工作人员个人剂量检测和职业健康检查，建立健全个人剂量档案和职业健康监护档案	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关规定要求
8	医疗使用 I、II 类、III 类放射源治疗室入口处设置治疗放射源工作状态的讯号灯和声、光报警装置，并与治疗设备联锁。	拟在 DSA 机房辐射工作人员进出口、患者进出口、污物口等醒目位置粘贴电离辐射警告标志	满足《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引（2025 年版）》等相关规定要求
9	核技术利用单位应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测。核技术利用单位每年应将场所辐射环境监测数据作为《安全和防护状况年度评估报告》的组成内容一并提交给发证机关。	建设单位须制定监测方案，开展辐射工作场所和环境的辐射水平监测，辐射工作单位应提交有效的年度辐射环境监测报告，该监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分，一并提交给发证机关	满足《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引（2025 年版）》等相关规定要求
10	核技术利用单位应于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》。	建设单位已将 2025 年度安全和防护状况评估报告上传至全国核技术利用辐射安全申报系统	满足《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引（2025 年版）》等相关规定要求

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》（环保部令第 20 号）“第十六条”、《核技术利用辐射安全和防护监督检查大纲》（生态环境部（国家核安全局））及《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引（2025 年版）》（川环函〔2025〕616 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，具体见下表。

表 12-2 辐射安全管理规章制度汇总对照表

序号	《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引（2025 年版）》		医院制定情况	备注
	制度	具体制度要求		

1	辐射安全与环境保护管理机构文件	明确相关人员的管理职责,全面负责单位辐射安全与环境保护管理工作	已制定	需完善
2	辐射安全管理规定	根据医院具体情况制定辐射防护和安全保卫制度,重点是射线装置运行和维修时辐射安全管理	已制定	利用已制定辐射安全管理规定
3	设备操作规程	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	已制定	利用已有的操作规程
4	辐射防护设施设备维护维修制度	明确射线装置维修计划、维修记录和在日常使用过程中应采取的具体防护措施,确保射线装置保持良好的工作状态	已制定	利用已有维护维修制度
5	辐射工作人员岗位职责	明确管理人员、辐射工作人员、维修人员的岗位职责	已制定	利用已制定岗位职责
6	放射源与射线装置台账管理制度	应记载放射性同位素与射线装置台账,记载射线装置的名称、型号、射线种类、类别、用途、来源和去向等事项,同时对射线装置的说明书建档保存,确定台账的管理人员和职责,建立台账的交接制度	已制定	需更新本次搬迁后的台账信息
7	辐射工作场所辐射环境监测方案	/	已制定	更新本项目搬迁后辐射工作场所的监测方案
8	监测仪表使用与核验管理制度	/	已制定	/
9	辐射工作人员辐射安全与防护培训制度	明确培训对象、内容、周期、方式及考核的办法等内容。及时组织辐射工作人员参加辐射安全和防护培训,辐射工作人员需通过考核后方可上岗	已制定	本项目辐射人员均持证上岗
10	辐射工作人员个人剂量管理制度	在操作射线装置时,辐射工作人员须佩戴个人剂量计。医院定期将个人剂量计送交有资质的检测部门进行测量,并建立个人剂量档案	已制定	辐射工作人员已包含本项目辐射人员
11	辐射事故应急预案	针对医用射线装置应用可能产生的辐射事故制订较为完善的事故应急预案或应急措施	已制定	将本次搬迁设备纳入其中
12	质量保证大纲和质量控制检测计划	/	已制定	/

根据《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引（2025年版）》的要求，建设单位应根据使用射线装置的情况，及时修订和完善规章制度，并按照档案

管理的要求分类归档放置。

根据《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引（2025 年版）》要求：建设单位应根据《辐射事故应急预案》编制《辐射事故应急响应程序》，并将《辐射事故应急响应程序》悬挂于辐射工作场所醒目位置，制度的内容应字体醒目，简单清楚，体现可操作性和实用性，尺寸大小应不小于 400mm×600mm。

建设单位应根据规章制度内容认真组织实施，并且根据国家发布的新的相关法律法规内容,结合医院实际情况及时对各项规章制度补充修改，使之更能符合实际需要。

3、重新申领辐射安全许可证

根据《四川省生态环境厅关于委托各市（州）生态环境局实施部分辐射安全许可事项的公告》（2025 年第 5 号），项目建设完成后，满足投运条件前，应按照相关程序于宜宾市生态环境局重新申领辐射安全许可证。

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，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。

（一）工作场所监测

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。

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》的重要组成部分一并提交给发证机关。

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自行监测），监测周期为 1 次/月，制定各工作场所的定期监测制度，监测数据应存档备案。

（二）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。

医院应按以下要求做好个人剂量档案的管理：

(1) 当单个季度个人剂量超过 1.25mSv 时，建设单位要对该辐射工作人员进行干预，要进一步调查明确原因，并由当事人在情况调查报告上签字确认；当全年个人剂量超过 5mSv 时，建设单位需进行原因调查，并最终形成正式调查报告，经本人签字确认后，上报发证机关。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《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关；

(3) 根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019），就本项目而言，辐射主要来自前方，剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般左胸前；对于工作中穿戴铅衣的情况，通常应根据佩带在铅衣里面躯干上的剂量计估算工作人员有效剂量；

(4) 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、剂量监测结果等材料。医院应当将个人剂量档案终身保存。

(三) 医院自我监测

医院定期自行监测（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自行监测制度，监测数据应存档备案，监测周期为 1 次/月。

(四) 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，建立监测数据台账。

表 12-3 本项目监测布点方案表

设备名称	监测项目	监测周期	监测点位
DSA	X- γ 空气吸收剂量率	验收监测 1 次；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（频率为 1 次/月）	控制室操作位及电缆穿孔位置处，防护门外 30cm 距地面高度 1m 处，以及防护门门缝；观察窗、各侧屏蔽墙外 30cm 处、DSA 机房正上方、正下方，50m 评价范围内需要关注的敏感点

(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

a、制定监测仪表使用、校验管理制度，并利用监测部门的监测数据与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；

b、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；

c、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。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。

（五）年度评估报告情况

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》的重要组成部分一并提交给发证机关。医院应按照四川省核技术利用单位辐射安全工作指引（2025 年版）》规定格式编写《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。

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，辐射事故的调查、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增加应急人员的培训，应急和救助的装备、资金、物资准备和应急演练。

②增加环境风险因子、潜在危害、事故等级等内容。

③增加应急机构和职责分工，辐射事故调查、报告和处理程序中相关负责人员及联系电话。

④增加发生辐射事故时，应当立即启动应急预案，采取应急措施，并按规定向所在地市级地方人民政府及其生态环境、公安、卫健等部门报告。

⑤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。

⑥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，医院应迅速、有效采取以下应急措施：

（1）一旦发现误照射事故时，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》，向当地生态环境和公安部门报告。造成或可能造成超剂量照射的，还应同时向当地卫健行政部门报告。

（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：宜宾罗氏骨科医院有限责任公司医用血管造影装置（DSA）搬迁项目

建设单位：宜宾罗氏骨科医院有限责任公司

建设性质：新建

建设地点：四川省宜宾市翠屏区白花镇华新街 261 号宜宾罗氏骨科医院有限责任公司综合楼 DSA 机房

本次评价内容及规模为：医院拟将院内西侧过渡性 DSA 机房内既有1台医用血管造影装置（DSA）搬迁至综合楼（已建，-2F~8F，地上总高约31.5m、地下高约7.8m）1层 DSA 机房内使用，DSA 机房及其配套用房的主体工程已与大楼同步建设完成。本项目 DSA 型号为 CGO-2100 Plus，出束方向由下向上，额定管电压125kV、额定管电流1000mA，属于 II 类射线装置，年诊疗病例约400台，年累计最大出束时间约137.6h（拍片4.3h、透视133.3h）。

二、本项目产业政策符合性分析

根据中华人民共和国国家发展和改革委员会《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令第7号，2024年2月1日施行）的相关规定，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

宜宾罗氏骨科医院有限责任公司取得了宜宾市自然资源和规划局颁发的《不动产权证书》川（2024）宜宾市 不动产权第 0071985 号。本项目 DSA 机房位于宜宾和康白花骨科医院综合楼一层，建设单位于 2023 年 6 月取得了宜宾市翠屏生态环境局《关于宜宾罗氏骨科医院有限责任公司宜宾和康白花骨科医院扩建项目环境影响报告表的批复》（宜环翠屏审批（2023）13 号）。本项目水、电、气、通讯设施均依托医院现有设施妥善解决，拟建设的 DSA 机房为专

门辐射工作场所，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，从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。

四、工程所在地区环境质量现状

根据四川蓝瑞鑫卫生检测技术服务有限公司的监测报告，本项目拟建场所周边 X- γ 辐射剂量率为 100nGy/h~150nGy/h。与四川省生态环境厅《2025 年四川省生态环境状况公报》中环境 γ 辐射剂量率年均值分布（70~160nGy/h）相较，本项目拟建区域周围辐射环境监测值属于正常本底水平。

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，第一手术位主刀医生最大有效剂量为 2.91mSv/a，第二手术位助手医生最大有效剂量为 1.14mSv/a，护士最大有效剂量为 8.55E-01mSv/a，控制室内隔室操作的技师最大有效剂量均为 5.24E-04mSv/a，周围公众最大有效剂量为 7.96E-03mSv/a。DSA 投入运营后，产生的 X 射线经墙体、门窗屏蔽、距离衰减后，对 DSA 手术室外公众影响更小。

综上所述，本项目营运期各工况下，职业人员所受的年剂量低于本次评价中所确定的 5.0mSv 的年剂量约束值，公众所受的年剂量低于本次评价中所确定的 0.1mSv 的年剂量约束值；同时，所有剂量结果也均低于《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、公众 1mSv/a 的剂量限值；由此可判定，本项目辐射工作场所的墙体、防护门窗等屏蔽防护设施防护性能达标，能够有效屏蔽射线辐射，项目营运期辐射环境影响可控，满足辐射防护安全要求。

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后，本评价认为项目在四川省宜宾市翠屏区白花镇华新街 261 号宜宾罗氏骨科医院有限责任公司综合楼一层 DSA 机房建设，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的。
- 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、相关管理人员到国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（<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。已取得辐射安全培训合格证，今后培训时间超过5年的辐射工作人员，需进行再培训，详见国家核技术利用辐射安全与防护培训平台。
- 4、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》增项，并在取得《辐射安全许可证》3个月内完成本项目自主验收。
- 5、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。

6、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。

7、建设单位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。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
介入室	辐射屏蔽措施	铅防护门 3 扇（均为 3mm 铅当量）
		铅玻璃观察窗 1 扇（3mm 铅当量）
		四面墙体：370mm 实心砖
		机房顶部为 120mm 混凝土+40mm 厚硫酸钡水泥砂浆
		机房地面为 180mm 混凝土+15mm 厚硫酸钡水泥砂浆
	安全装置	电离辐射警告标志 1 套
		防夹装置（电动推拉门）1 套（2 个）
		中文标识的紧急停机按钮（操作台和手术床侧）2 个
		污物传递门自动闭门装置 1 套
		门灯联锁装置及工作状态指示灯箱 3 套
		对讲系统 1 套
		铅悬挂防护屏/铅防护帘 1 副（0.5mmPb）
		床侧防护帘/床侧防护屏 1 副（0.5mmPb）
	监测仪器和个人防护用品	个人剂量计 7 套
		个人剂量报警仪 4 台
		便携式辐射剂量监测仪 1 台
		医护人员防护：铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套各 4 套
		患者防护：铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套各 1 套
	其他	通排风设施 1 套

验收时依据《中华人民共和国生态环境法典》《放射性同位素和射线装置安全和防护条例》（中华人民共和国国务院令第 449 号）《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》（中华人民共和国国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日实施）文件第十七条规定：

（1）编制环境影响报告表的建设项目竣工后，建设单位应当按照中华人民共和国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。

（2）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。

（3）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）建设单位可登陆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（<https://www.mee.gov.cn/>）。

（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（<https://eia.lem.org.cn>）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。