

核技术利用建设项目

新建 1 台数字减影血管造影装置（DSA）

环境影响报告表

（公示本）

广元市第一人民医院

二〇二六年一月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

新建 1 台数字减影血管造影装置（DSA）

环境影响报告表

建设单位：广元市第一人民医院

建设单位法人代表（签名或签章）：王天勋

通讯地址：广元市利州区苴国路中段

邮政编码：628000

联系人：

电子邮件：

联系电话：

目 录

表 1	项目基本情况	1
表 2	放射源	12
表 3	非密封放射性物质	13
表 4	射线装置	14
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）	15
表 6	评价依据	16
表 7	保护目标与评价标准	18
表 8	环境质量和辐射现状	21
表 9	项目工程分析与源项	26
表 10	辐射安全与防护	34
表 11	环境影响分析	46
表 12	辐射安全管理	68
表 13	结论与建议	79

附件：

附件 1 环评委托书

附件 2 辐射安全许可证扫描件

附件 3 关于广元市第一人民医院灾后重建(扩建)住院综合楼及医疗业务辅助用房项目环境影响报告书的批复（广环办函[2009]57 号）

附件 4 广元市第一人民医院关于调整放射防护与辐射安全组织机构人员的通知（院发〔2025〕4 号）

附件 5 本项目所在位置辐射环境现状监测报告

附件 6 场所监测及个人剂量情况说明

附件 7 医疗废物收集处置合同扫描件

附件 8 资料确认清单

附件 9 环保高分子复合防辐射板检测报告

附图：

附图 1 项目地理位置图

附图 2 项目外环境关系及医院平面示意图

附图 3 第二住院大楼负 1 楼平面布置图

附图 4-1 第二住院大楼 1 楼介入手术室区域改造后平面布置图

附图 4-2 第二住院大楼 1 楼介入手术室区域改造前平面布置图

附图 5 第二住院大楼 2 楼平面布置图

附图 6 介入手术室平面布置图

附图 7 介入手术室通排风系统示意图

附图 8 介入手术室人流、物流路径图

附图 9 介入手术室两区划分示意图

附图 10 介入手术室防护结构剖面示意图

附图 11 介入手术室辐射安全装置示意图

表 1 项目基本情况

建设项目名称		新建 1 台数字减影血管造影装置（DSA）项目			
建设单位		广元市第一人民医院			
法人代表	王天勋	联系人	李华萍	联系电话	17743283180
注册地址		广元市利州区苴国路中段			
项目建设地点		广元市第一人民医院第二住院大楼一层			
立项审批部门		—		批准文号	—
建设项目总投资（万元）	■	项目环保投资（万元）	■	投资比例	■
项目性质	<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			占地面积（m ² ）	约 41.75
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类（医疗使用） <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
	其他	无			
	<p>项目概述</p> <p>一、建设单位情况</p> <p>广元市第一人民医院（社会信用代码：12510700451266211Y），原名 072 医院、广元市 410 医院，始建于 1966 年。是一家位于川陕甘结合部的，设备先进、分科齐全、功能完善、医疗技术实力雄厚的现代化国家三级甲等综合医院。</p> <p>医院占地面积 130 余亩，编制床位 1000 张。现有在职职工 1400 余人，其中，高级职称 300 余人，博士、硕士研究生 200 余人，享受国务院政府津贴专家、省市科技拔尖人才及学术技术</p>				

带头人 50 余人，首批天府学者 1 人，广元名医 24 人。拥有省级临床重点专科 3 个；省、市级医学重点专科（学科）33 个，其中省甲级重点专科 3 个、省乙级重点专科 5 个、市级重点专科（学科）25 个；广元市医疗质量控制中心 18 个。

医院承担广元及川陕甘毗邻地区 20 多个市县疑难危急重症疾病诊治及 100 余家医疗联合体成员单位人才培训和业务指导任务。在全省率先开展体外循环下心内直视手术、断肢再植术；在全市率先开展的换瓣+冠脉搭桥、Bentall 术、经导管主动脉瓣置换术（TAVI）、心腔内超声（ICE）指导下房颤射频消融+左心耳封堵术“一站式”治疗以及海扶刀无创治疗妇科肿瘤等诊疗手术，填补区域空白。体外循环心脏直视手术、心血管介入诊疗技术、妇科微创治疗技术、卒中诊治技术、肿瘤综合治疗技术等一大批高难度诊治技术在区域内处于领先水平。

（一）任务由来

为了适应医疗保健事业和医院的发展需求，更好地满足日益增长的医疗服务需求，推动医疗机构的放射诊断技术能力和服务水平进一步加快发展，广元市第一人民医院拟将第二住院大楼【楼层为（-1F/12F）】，该楼已在《广元市第一人民医院灾后重建(扩建)住院综合楼及医疗业务辅助用房项目环境影响报告书》（住院综合大楼即为现第二住院大楼、海油大楼）中进行了环境影响评价，该报告书于 2009 年 6 月取得了环评批复，见附件 3】血液透析大厅部分区域改建为 1 间介入手术室，并拟在介入手术室内新增使用 1 台数字减影血管造影装置（digital subtraction angiography，简称 DSA），属于 II 类射线装置，主要用于血管造影、介入治疗等。

（二）编制目的

按照《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素和射线装置安全和防护条例》（中华人民共和国国务院令 449 号）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（国家环保部令 18 号）的规定和要求，本项目需进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部令 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行），本项目属于“第五十五项—172 条核技术利用建设项目—使用 II 类射线装置”，本项目应编制环境影响报告表。根据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），本项目应报广元市生态环境局审查批准。因此，广元市第一人民医院委托四川省中栎环保科技有限公司编制本项目的的环境影响报告表（委托书见附件 1）。

四川省中栎环保科技有限公司受医院委托后，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的能力、拟采取的辐射安全和防护措施及相关管理制度等进行了评价分析，在此基础上提出合理可行的对策和建议，编制完成本报告表。

（三）本项目建设内容

1、工程概况

项目名称：新建 1 台数字减影血管造影装置（DSA）项目

建设单位：广元市第一人民医院

建设性质：新建

建设地点：第二住院大楼 1 层

2、工程建设内容及规模

据医院提供的改造方案，拟对第二住院大楼 1 层（-1F/12F），以门厅为中线的右侧全部区域进行医疗用房改造。本次改造涉及收费室、值班室、办公区、湿库、干库、血液透析大厅等原有区域；本次评价范围主要涉及介入手术室及其配套用房：包括男女更衣室、库房、复苏室、谈话室、走道、设备室、无菌间、污物间、介入手术室等。

拟在介入手术室内使用 1 台数字减影血管造影装置（型号待定，其最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA），出束方向由下向上，属于 II 类射线装置，年手术台数 1500 例，设备年累计最大出束时间约 193.95h（其中拍片 13.53h，透视 180.42h），主要用于血管造影、介入治疗等。

本次将根据防护设计方案对介入手术室进行改造，以达到使用要求。

改造方案如下：

表 1-1 本项目介入手术室改造方案

机房	机房规格	四周墙体	防护门	观察窗	地面	顶部
		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	机房面积 41.75 m ² ，最小单边长度 5.2m	240mm 实心砖墙 + 12mm 环保高分子复合防辐射板	4mm 铅当量 铅门	4mm 铅当量 铅玻璃	260mm 混凝土 + 20mm 硫酸钡防护涂料	120mm 混凝土 + 12mm 环保高分子复合防辐射板 + 20mm 硫酸钡防护涂料

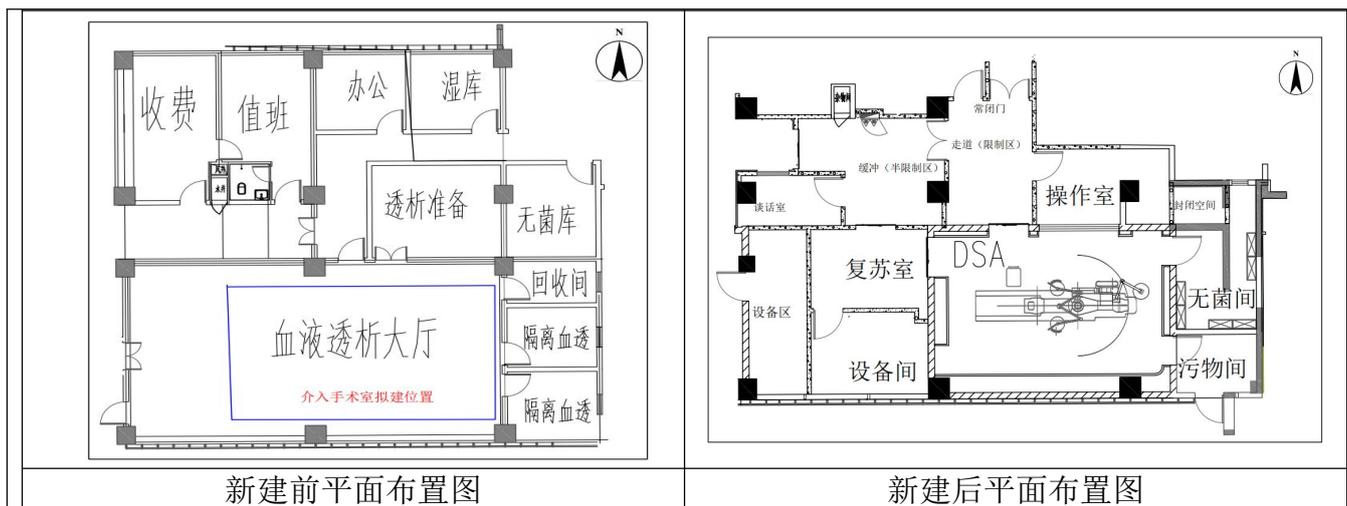


表 1-2 介入手术室屏蔽体改建前后变化情况

屏蔽体		改建前	改建后	变化情况
墙体	东、西、南、北侧	\	240mm 实心砖+12mm 环保高分子复合防辐射板	新建 240mm 实心砖+12mm 环保高分子复合防辐射板
	顶部	120mm 混凝土	120mm 混凝土+12mm 环保高分子复合防辐射板+20mm 硫酸钡防护涂料	增加 12mm 环保高分子复合防辐射板+20mm 硫酸钡防护涂料
	地面	160mm 混凝土	260mm 混凝土+20mm 硫酸钡防护涂料	增加 100mm 混凝土+20mm 硫酸钡防护涂料
	观察窗	\	4mm 铅当量	—
	防护门	\	4mm 铅当量	—

表 1-3 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	运营期	
主体工程	<p>介入手术室净空尺寸为长 (8.03 m) ×宽 (5.2 m) ×高 (3.0 m)，净空面积约 49.95m²。</p> <p>墙体：东、西、南、北侧墙体为 240mm 实心砖+12mm 环保高分子复合防辐射板；</p> <p>地面：260mm 混凝土+20mm 硫酸钡防护涂料；</p> <p>屋顶：120mm 混凝土+12mm 环保高分子复合防辐射板+20mm 硫酸钡防护涂料；</p> <p>观察窗：1 扇，为 4mm 铅当量的铅玻璃；</p> <p>防护门：共 4 扇，其中患者进出门和复苏室防护门位于手术室西北侧，为 4mmPb 电动推拉式防护门；污物间、无菌间防护门和设备间分别位于手术室东南侧和东侧，均为 4mmPb 手动平开式防护门。</p> <p>设备：拟在新建介入手术室内使用 1 台 DSA，型号待定，其最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA，出束方向由下向上，属于 II 类射线装置，年手术台数 1500 例，设备年累计最大出束时间约 193.95h (其中拍片 13.53h，透视 180.95h)</p>	施工扬尘、施工噪声、施工废水、固体废物	X 射线、臭氧、氮氧化物、噪声、医疗废物、	新建

辅助工程	操作室、设备间、污物间等配套用房			
公用工程	污水处理站、市政水网、市政电网、配电系统、通风系统、通讯系统等			生活垃圾、生活污水
办公及生活设施	办公室、卫生间等			
三废处理	废气处理: 介入手术室内采用多联机+新风系统,并配置一套独立的排风系统,风管均设置于吊顶内。排风量不低于 250m ³ /h,排风机同层吊顶安装,排风通过外墙的室外百叶排至室外,新风取风口与排风口在不同方向,间距不小于 10m。	施工扬尘、施工噪声、施工废水、固体废物	废水、废气、固体废物	
	废水处理: 项目产生的废水依托医院已建的污水管道和污水处理站(位于院内西南部,处理能力:1000m ³ /d,处理工艺为“一级处理+消毒”),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市政污水处理厂处理,处理达标排放。			
	固废处理: 医疗废物依托医院已建的医疗废物暂存间(位于院内东南部,面积约 30m ²)及收集系统进行收集,统一交由有相应资质的单位收运处置;办公、生活垃圾统一收集后,交由环卫部门统一收集清运。			

(四) 本项目主要原辅材料及能耗情况

本项目主要原辅材料及能耗情况见表 1-4。

表 1-4 主要原辅材料及能耗情况表

项目	名称	年耗量	来源	主要化学成分
主要原辅材料	造影剂	150L	外购	碘克沙醇
		150L	外购	碘海醇
能源	电(kW·h)	10000	市政电网	—
水资源	用水量(t)	2000	市政水网	—

(五) 本项目主要设备配置及技术参数

本项目使用 DSA 射线装置位于医院第二住院楼介入手术室内。根据医院提供资料,本项目 DSA 主要用于介入治疗、血管造影,拟分配本项目新建介入手术室约 1500 台手术,保守估计本项目 DSA 设备最大出束时间为 193.95h。本项目设备参数及技术参数见表 1-5。

表 1-5 本项目射线装置相关参数

设备名称	型号	数量	最大管电压	最大管电流	射线方向
DSA	待定	1 台	125kV	1000mA	由下向上
设备使用情况					
使用场所	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
介入手术室	麻醉管理中心	60~100kV	100~500mA	70~90kV	6~20mA

本项目 DSA 介入手术工作量分配情况					
新建介入手术室 分配情况	单台手术最长曝光时间		年手术台数 (台)	年最大出束时间	
	拍片 (min)	透视 (min)		拍片 (h)	透视 (h)
神经内科	0.6	10	240	2.40	40.00
心血管内科	0.3	3.5	1000	5.00	58.33
神经外科	4	50	50	3.33	41.67
血管外科	2	20	60	2.00	20.00
肿瘤科	0.6	7	25	0.25	2.92
肾病内科	0.3	10	25	0.13	4.17
肝胆外科	0.25	8	100	0.42	13.33
合计			1500	13.53	180.42
总年出束时间				193.95	

(六) 工作人员配置情况

1、工作制度：医院实行每年工作250天，每天8小时的工作制度，实行白班单班制。

2、劳动定员：本项目拟配置18名辐射工作人员，包含手术医生16名（神经内科2名一组，心血管内科4名两组，神经外科2名一组，血管外科2名一组，肿瘤科2名一组，肾病内科2名一组，肝胆外科2名一组），护士1名、技师1名，均为医院现有辐射工作人员，其中护士和技师无分组，定岗定责，不存在兼岗；根据各科室需求，每次手术，对应科室派出一组人员，包括1名主刀医生1名助手医生，搭配本项目配备的1名护士、1名技师开展手术。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。

(七) 依托环保设施情况

1、废水：施工期废水、运营期医疗废水依托医院已建的污水管道和污水处理站（位于院内西南部，处理能力：1000m³/d，处理工艺为“一级处理+消毒”），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广元市政污水厂处理，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建筑垃圾、装修垃圾、设备安装过程中产生的包装垃圾以及施工人员产生的生活垃圾等。施工过程中产生的装修垃圾，收集统一处理，运往政府指定地点堆存；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经打包后与医院其他医疗废物一起在医疗废物暂存间（位于院内东南部，面积约30m²）暂存，统一交由有相应资质的单位收运处置；生活垃圾经统一收集后由环卫部门定期清运。

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）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“医疗卫生服务设施建设”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

三、本项目选址合理性分析

（一）本项目外环境关系

广元市第一人民医院位于广元市利州区苴国路中段，北侧为苴国路、西侧为河阳路、东侧为东苑路、南侧为绵谷路；本项目介入手术室设置于院内南部第二住院楼 1 层，该楼呈“T”型、南北朝向，北侧通过连廊与内科楼和门诊楼依次连接，西北侧为污水处理站、东北侧为污物处理站，西北和东北两侧靠近医院边界处均有一栋辅楼，西南侧为感染科大楼、东南侧为血液透析中心。介入手术室位于第二住院楼 1 楼，西北侧由远及近 4.7m~48m 依次为谈话室、护士站、患者等候区、电子阅览室、图书阅览室和医保科办公室，东北侧由远及近 2.5m~10m 为弱电间、强电间、污物暂存间、排风兼排烟机房，西南侧由远及近 10.8m~42m 为 CT 值班室、输血科值班室及其配套的无菌用品间以及感染科大楼，东南侧 18m 为血液透析中心；以介入手术室四周墙体为边界，东墙外贴邻无菌间与污物间，南墙外为临空区域并露天放置空气能热水器设备，西墙外为设备间与复苏室，北墙外为操作室及过道，机房楼上为病房区，机房楼下为物业单位值班室。

（二）项目选址合理性

医院外环境比较单一，周围主要为交通道路和居民住宅，交通便捷，有利于医院和外界联系。项目选址城市基础配套设施完善，给排水等市政管网完善，电力电缆等埋设齐全，为项目建设提供良好条件。

根据医院提供的相关设计资料，介入手术室位于第二住院楼 1 楼，介入手术室最大限度的避开了人流量较大的门急诊，有利于减少对公众的影响。本项目为医院配套建设项目，本项目涉及的介入手术室为专门的辐射工作场所，建成后有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽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

本项目施工期废水、运营期医疗废水和生活废水依托医院已建的污水管道和污水处理站（位于院内西南部，处理能力：1000m³/d，处理工艺为“一级处理+消毒”）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广元市市政

污水处理厂处理，处理达标后排放。

介入手术时产生的药棉、纱布、手套、废造影剂瓶和各类废物采用专门的收集容器集中收集后，先转移至污物暂存间暂存，定期按照医疗废物执行转移联单制度，委托当地有资质单位定期处置。

本项目产噪设备主要为风机，声级较小，噪声影响不大，不会改变区域声环境质量。

本项目的建设对周边产生环境污染较小，项目与周边环境相容，符合环境保护要求。

（四）实践正当性分析

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

四、原有核技术利用情况

（一）医院原有项目辐射安全许可情况

目前，广元市第一人民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[00212]），许可的种类和范围：使用Ⅲ类放射源；使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置；使用非密封放射性物质，丙级非密封放射性物质工作场所，发证日期：2024年04月07日，有效期至2026年04月27日。

医院现有核技术利用项目的许可情况见下表：

表1-6 医院已获许可使用射线装置

序号	装置分类名称	规格型号	类别	用途	工作场所	备注
1	数字乳腺 X 射线系统	SN-DR3	Ⅲ类	医用诊断 X 射线装置	乳腺钼靶检查室	上 证 在 用
2	数字化医用 X 射线摄影系统	VX3733-SYS	Ⅲ类	医用诊断 X 射线装置	摄片室	
3	移动式 C 形臂 X 射线机	Brivo OEC 715	Ⅲ类	医用诊断 X 射线装置	手术室库房 1	
4	医用血管造影 X 射线机	Innova IGS530	Ⅱ类	血管造影用 X 射线装置	介入治疗中心手术间 2	
5	X 射线计算机断层摄影设备	IngenuityCT	Ⅲ类	医用 X 射线计算机断层扫描（CT）装置	CT 检查室	
6	医用血管造影 X 射线系统	UNIQ FD20	Ⅱ类	血管造影用 X 射线装置	复合手术室	
7	医用血管造影 X 射线系统	UNIQ FD20	Ⅱ类	血管造影用 X 射线装	介入治疗中	

				置	心手术间 1	
8	数字化 X 射线透视摄影系统	SONIALVISIO N C200	III类	医用诊断 X 射线装置	放射科特殊 造影检查室	
9	医用直线加速器	Elekta Synergy	II类	粒子能量小于 100 兆 电子伏的医用加速器	加速器治疗 室	
10	X 射线计算机体层摄影设备	SOMATOM Force	III类	医用 X 射线计算机断 层扫描 (CT) 装置	双源 CT 检查 室	
11	口腔 (牙科) X 射线装置口 腔 X 射线机	KODAK 8000C	III类	口腔 (牙科) X 射线装 置	口腔全景牙 片室	
12	移动式数字化医用 X 射线 摄影系统	/	III类	医用诊断 X 射线装置	放射科库房	
13	X 射线计算机体层摄影设备	XHCT-16	III类	放射治疗模拟定位装 置	CT 定位室	
14	口腔颌面锥形束计算机体 层摄影设备	CS 9300	III类	口腔 (牙科) X 射线装 置	口腔 CT 室	
15	双能 X 射线骨密度仪	KD-GRAND	III类	医用诊断 X 射线装置	骨密度室	
16	移动式 X 射线机	MobiEye750	III类	医用诊断 X 射线装置	重症医学科	
17	移动式平板 C 形臂 X 射线机	PLX118F/a	III类	医用诊断 X 射线装置	3 号手术间	
18	X 射线计算机体层摄影设 备	SOMATOMSp irit	III类	放射治疗模拟定位装 置	发热门诊 CT 检查室	停用

表1-7 现有放射源

工作场所	核素	类别	总活度 (贝可) / 活度 (贝可) × 枚数	是否 环评	是否 验收	是否登记上证
第二住院大楼负一层 后装治疗室	Ir-192	III	3.7E+11×1	是	是	是

表 1-8 现有非密封放射性物质

工作场所	场所 等级	核素	日等效 最大操作量 (贝可)	年最大 使用量 (贝 可)	是否 环评	是否验收	是否登记上证
门诊楼四层核医学科	丙级	I-131	1.85E+7	2.22E+10	是	是	是

医院目前已获许可使用射线装置共计18台（其中 II 类射线装置4台， III类射线装置14台），放射源1枚、1个丙级非密封放射性物质工作场所。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）原有辐射工作场所监测情况

据调查，2025 年广元市第一人民医院委托了四川世阳卫生技术服务有限公司对全院辐射工作场所进行了年度监测，结果表明医院所有在用介入诊疗（DSA）设备工作场所和 III 类射线装置工作场所周围各关注点处最大辐射剂量率为 0.267 μ Sv/h（已扣除环境本底），均能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中 6.3.1 的相关规定；放射治疗工作场所周围最大辐射

剂量率为 $0.046 \mu\text{Sv/h}$ (已扣除环境本底), 能够满足《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198—2021) 中 6.1.4 “居留因子大于 1/2 的场所周围关注点处辐射剂量率水平不高于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ” “居留因子小于 1/2 的场所周围关注点处辐射剂量率水平不高于 $10 \mu\text{Sv/h}$ ” 的规定。

2025 年医院委托四川鸿进达卫生技术服务有限公司对核医学科丙级工作场所进行了场所监测, 结果显示核医学工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处的周围剂量当量率为 $0.04\sim 0.12 \mu\text{Sv/h}$, 通风橱外表面 30cm 处的周围剂量当量率为 $0.62\sim 2.02 \mu\text{Sv/h}$ 。工作场所控制区内测得 β 表面污染水平最大值为 7.401Bq/cm^2 、监督区及其余区域 β 表面污染水平均低于 0.871Bq/cm^2 , 各监测因子监测结果均能够满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021) 中关于“距核医学工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$, 如屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域, 其周围剂量当量率应小于 $10 \mu\text{Sv/h}$ ” 的相关规定。

2025 年医院委托四川鸿进达卫生技术服务有限公司对医院污水排放口的水样监测结果显示, 总 α 放射性 3 次平均值 0.039Bq/L , 总 β 放射性 3 次平均值 0.942Bq/L , 测定结果均符合《医疗机构水污染物排放标准》(GB 18466-2005)表 2 预处理标准要求, 即总 α 放射性限值 1Bq/L , 总 β 放射性限值 10Bq/L 。

(三) 辐射工作人员个人剂量及培训情况

据调查, 医院提供了四川鸿进达卫生技术服务有限公司出具的个人剂量检测报告(2024 年第四季度—2025 年第三季度), 未发现单季度个人有效剂量超过季度限值 1.25mSv 的情况, 也未发现个人年剂量值超过 5mSv 的情况, 符合管理要求。

医院现有辐射工作人员 205 人。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) 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, 本次调配从事本项目 II 类射线装置使用活动的辐射工作人员 18 人, 均需要参加辐射安全与防护的学习和考核。据调查, 医院现有两名从事介入手术的辐射工作人员(见附件 6) 不符合从事 II 类射线装置使用培训要求, 医院承诺尽快安排在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台(网址: <http://fushe.mee.gov.cn>) 学习相关知识并报名参加考核, 成绩合格后再持证上岗。

(四) 年度评估报告

医院在全国核技术利用辐射安全申报系统(rr.mee.gov.cn) 中提交了“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”, 医院对 2025 年度的辐射

场所的安全和防护状况以及辐射管理情况进行了评估说明。

（五）辐射管理规章制度执行情况

根据相关文件的规定，结合医院实际情况，制定有相对完善的管理制度，包括《辐射工作场所安全管理要求》《辐射工作人员岗位职责》《辐射安全和防护设施维护维修制度》《射线装置台账管理制度》《辐射工作人员培训计划》《辐射工作设备操作规程》《辐射工作人员个人剂量管理制度》《辐射事故应急预案》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。对医院现有场所而言，医院也已具备辐射安全管理的综合能力。医院应将本次项目内容补充完善，并且应根据国家发布新的相关法规内容，结合医院实际及时对各项规章制度补充修改。

表 2 放射源

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

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

表 3 非密封放射性物质

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

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

表 4 射线装置

(一) 加速器，包括医用、工农业、科研、教学等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)	最大电流 (mA)/剂量 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	DSA	II类	1台	待定	125	1000	血管造影、介入治疗	介入手术室	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

(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
臭氧及氮氧化物	气态	—	—	少量	少量	少量	不暂存	直接排向大气环境
介入手术时产生的医疗器具和药棉、纱布、手套等医用辅料	固态	—	—	约 250kg	约 3000kg	—	暂存在医疗废物暂存间	委托有资质的单位处理

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

<p>法规文件</p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日实施；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日修订；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日实施；</p> <p>(4) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2020年4月29日修订；</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》，中华人民共和国国务院令第682号，2017年10月1日实施；</p> <p>(6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，生态环境部部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(7) 《四川省辐射污染防治条例》，四川省十二届人大常委会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；</p> <p>(8) 《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；</p> <p>(9) 《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；</p> <p>(10) 《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 日修订；</p> <p>(11) 《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；</p>
<p>技术标准</p>	<p>(1) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1—2016）；</p> <p>(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>(3) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；</p> <p>(4) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；</p> <p>(5) 《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）；</p> <p>(6) 《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ/T244-2017）；</p> <p>(7) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）；</p> <p>(8) 《放射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ 98—2020）；</p>

	<p>(9) 《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) 。</p>
其他	<p>(1) 《辐射防护手册》(第一分册—辐射源与屏蔽, 原子能出版社, 1987);</p> <p>(2) 院方提供的工程设计图纸及相关技术参数资料;</p> <p>(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)) ;</p> <p>(4) 《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引(2025年版)》;</p> <p>(5) 《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》(国环规环评[2017]4号);</p> <p>(6) 环评委托书。</p> <p>(7) 《建设项目环境影响评价信息公开机制方案》, 环发[2015]162号, 2015年12月实施;</p> <p>(8) 《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;</p> <p>(9) 《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》, 环发[2012]77号, 环境保护部文件, 2012年7月3日;</p> <p>(10) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》, 生态环境部公告, 公告2019年第57号。</p>

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1—2016）中的相关要求，结合项目特点和现场监测的实际情况，确定辐射环境影响评价的范围：介入手术室实体屏蔽边界外 50m。

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本项目辐射工作人员和周围停留的公众，具体环境保护目标见表 7-1。

表 7-1 本项目环境保护目标一览表

项目位置	保护目标	相对方位	距辐射源最近距离(m)		人流量 (人次/天)	照射类型	剂量约束值 (mSv/年)
			水平	垂直			
介入手术室及其操作室内	医生	-	0.5	/	12	职业照射	5.0
	护士	-	1.0	/	1	职业照射	5.0
	操作室内的技师	北侧	4.0	/	1	职业照射	5.0
供应科值班室、办公室、库房、男女更衣室	约 50				公众照射	0.1	
机房北侧走道	1.9		/	约 200			
介入手术室四周	无菌间和污物间内的工作人员	东侧	1.4	/	约 50	公众照射	0.1
	临空、空气能热水器设备露天场所	南侧	/	/	/	/	/
	复苏室内的人员	西侧	1.5	/	约 25	公众照射	0.1
	设备间内的人员	西侧	1.5		约 25		
	3 号楼梯及其无障碍电梯	东侧	4.9		约 500		
	CT 室及其配套的操作室内的工作人员、1 号楼梯	西侧	7.2		约 500		
	CT 值班室和输血科值班室及其配套的无菌用品间，以及放射科诊室内的人员	西南侧	10.6	/	约 50	公众照射	0.1
	谈话室、护士站、患者等候区、电子阅览室、图书阅览室和医保科办公室内的人员	西北侧	4.7	/	约 1000	公众照射	0.1
	弱电间、强电间、污物暂存间、排	东北侧	2.5	/	约 10	公众照射	0.1

	风兼排烟机房							
	A 型三床病房（2F）及其第二住院大楼其他区域（3F~12F）	正上方	/	3.0	约 50	公众照射	0.1	
	物业值班室（-1F）	下方	/	3.0	约 3	公众照射	0.1	
50m 范围内其他位置	院内	感染科大楼、血液透析中心、医院连廊、污物废物暂存站	西南侧、东南侧、北侧	18	/	约 1000	公众照射	0.1
	院外	东苑路上的流动人群	东侧	32	/	/	公众照射	0.1

评价标准

一、环境质量标准

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

二、污染物排放标准

- （1）废气：《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）二级标准。
- （2）医疗废水排放执行《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表 2 中的预处理排放标准。
- （3）噪声：①施工期：《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）标准；②运营期：《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2类标准。
- （4）固废：医疗废物暂存时，执行《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023），医疗废物处理处置时执行《医疗废物处理处置污染控制标准》。

三、电离辐射剂量限值和剂量约束值

电离辐射执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）。

（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。

四、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，在距离本项目介入手术室屏蔽体外表面30cm处，周围控制目标辐射剂量率应不大于2.5 μ Sv/h。

表 8 环境质量和辐射现状

一、项目地理和场所位置

广元市第一人民医院位于广元市利州区苴国路中段，本项目介入手术室位于第二住院楼 1 楼。介入手术室位于第二住院楼 1 楼，1 楼从北至南依次为电子阅览室、图书阅览室、供应科值班室、办公室、门厅、CT 室及其值班室、输血科值班室、放射科诊室、无菌物品存放间、放射科。以介入手术室四周墙体为边界：（东）墙外贴邻无菌间与污物间，（南）墙外为临空区域，露天放置空气能热水器设备，（西）墙外为设备间与复苏室；（北）墙外设操作室及过道，机房楼上为病房区，机房楼下为物业单位值班室。



介入手术室新建位置现状



配套用房新建位置现状



配套用房新建位置现状



50m 评价范围内（血液透析中心）



50m 评价范围内（感染科）



50m 评价范围内（污物处理站）

图 8-1 本项目部分现场照片

二、辐射环境质量现状评价

1、监测对象、监测因子和监测点位

本项目为使用 II 类射线装置，主要污染因子为电离辐射，对环境空气、地表水环境、地下水环境及声环境影响较小，因此仅对评价区域的辐射环境现状进行了监测及评价。

本项目介入手术室位于第二住院楼 1 楼，本次在介入手术室拟建位置布设了监测点位，同时在评价范围内环境保护目标处布设了监测点位，共 14 个监测点位，监测因子为 X- γ 辐射剂量率，可反映拟建场所及周围的辐射环境本底水平，监测布点合理。

表 8-1 监测布点一览表

点位	监测位置	代表性分析
1	介入手术室新建位置	可反映拟建介入手术室场所现状值
2	介入手术室北侧（操作室）	可反映拟建介入手术室北侧环境保护目标处的现状值
3	介入手术室北侧（过道）	
4	介入手术室东侧（无菌间）	可反映拟建介入手术室东侧环境保护目标处的现状值
5	介入手术室东侧（污物间）	
6	介入手术室西侧（复苏室）	可反映拟建介入手术室西侧环境保护目标处的现状值
7	介入手术室西侧（设备间）	

8	正上方（2F，A型三床病房）	可反映拟建介入手术室上方环境保护目标处的现状值
9	正下方（-1F，物业值班室）	可反映拟建介入手术室下方环境保护目标处的现状值
10	第二住院楼西南侧感染科大楼	可反映拟建介入手术室院内西南侧环境保护目标处的现状值
11	第二住院楼东南侧血液透析中心	可反映拟建介入手术室院内东南侧环境保护目标处的现状值
12	第二住院楼北侧连廊	可反映拟建介入手术室院内北侧环境保护目标处的现状值
13	院外东侧东苑路	可反映拟建介入手术室院外东侧环境保护目标处的现状值
14	第二住院大楼东北侧污物处理站	可反映拟建介入手术室院内东北侧环境保护目标处的现状值

监测布点示意图如下：

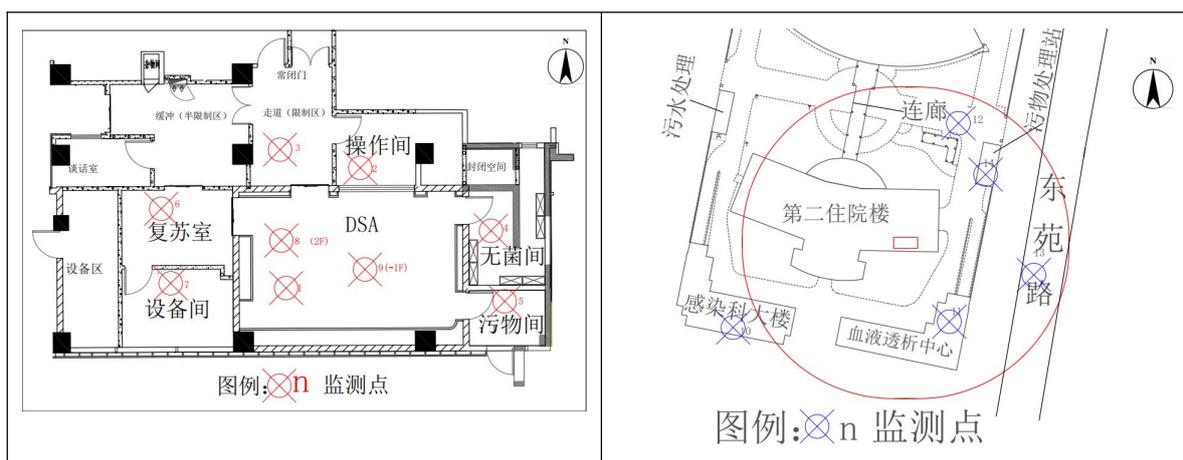


图 8-2 本项目区域现状监测布点示意图

2、监测时间

四川省永坤环境监测有限公司于 2025 年 11 月 05 日对项目拟建现场及周边环境进行了 γ 辐射空气吸收剂量率的监测。

3、监测方法及监测仪器

本项目监测方法及来源见表8-2。

表8-2 监测项目、方法及方法来源表

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

监测使用仪器及环境条件见表 8-3。

表8-3 监测使用仪器表

监测项目	监测设备			使用环境
	名称及编号	测量范围	检定/校准情况	
环境 X-γ辐射剂量率	RJ32-3602 型分体式多功能辐射剂量率仪 编号: YKJC/YQ-40	1nGy/h~1.2mGy/h 20keV~3.0MeV	检定/校准单位: 中国测试技术研究院 证书编号: 202412102810 检定/校准有效期: 2024.12.13~2025.12.12 校准因子: 0.96 (校准源: 137Cs)	天气: 阴 温度: 16.4°C~20.1°C 湿度 41%~53%

4、质量保证

本项目监测单位为四川省永坤环境监测有限公司，通过了四川省市场监督管理局的检验检测机构资质认定（证书编号：242312051074），并在许可范围内开展监测工作和出具有效的监测报告，保证了监测工作的合法性和有效性。具体质量保证措施如下：

①根据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和项目实际情况制定监测方案及实施细则。

②监测仪器每年经计量部门检定后使用；每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。

④监测人员经考核并持有合格证书上岗。

⑤根据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021），布设监测点位置和高度，兼顾监测技术规定和实际情况，监测结果具有代表性和针对性。

⑥监测时获取足够的数量，以保证监测结果的统计学精度。监测中异常数据以及监测结果的数据处理按照统计学原则处理。

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

⑧检测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由技术负责人审定。

5、监测结果

具体监测结果如下：

表 8-4 环境 X- γ 辐射剂量率监测结果（单位：nGy/h）

点位	监测位置	环境 X- γ 辐射剂量率(nGy/h)	
		测量值	标准差
1	介入手术室新建位置	72	2.1
2	介入手术室北侧（操作室）	78	3.0
3	介入手术室北侧（过道）	75	1.5
4	介入手术室东侧（无菌间）	78	2.6
5	介入手术室东侧（污物间）	76	2.3
6	介入手术室西侧（复苏室）	77	2.9
7	介入手术室西侧（设备间）	75	1.8
8	正上方（2F，A 型三床病房）	79	1.8
9	正下方（-1F，物业值班室）	75	3.4
10	第二住院楼西南侧感染科大楼	68	2.9
11	第二住院楼东南侧血液透析中心	66	2.2
12	第二住院楼北侧连廊	67	1.8
13	院外东侧东苑路	66	2.1
14	污物处理站	65	1.8

注：以上监测数据均未扣除监测仪器宇宙射线响应值。

根据监测报告，本项目所在区域 X- γ 辐射剂量率为 65nGy/h~79nGy/h，与四川省生态环境厅发布《2024 年四川省生态环境状况公报》中 2024 年广元市辐射环境自动监测站实时连续监测空气吸收剂量率分布示意图范围（70~100nGy/h）基本一致，属于正常天然本底辐射水平。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

一、施工期污染源项分析

本项目位于第二住院楼 1 楼，介入手术室土在已有房间基础上进行改造，土建工程施工期影响在《广元市第一人民医院灾后重建(扩建)住院综合楼及医疗业务辅助用房项目环境影响报告书》中进行了分析，本项目主要涉及后续的环保高分子复合防辐射板的铺设、装修工程、防护门窗安装、设备安装等。工艺流程及污染物产生环节如下图 9-3 所示。

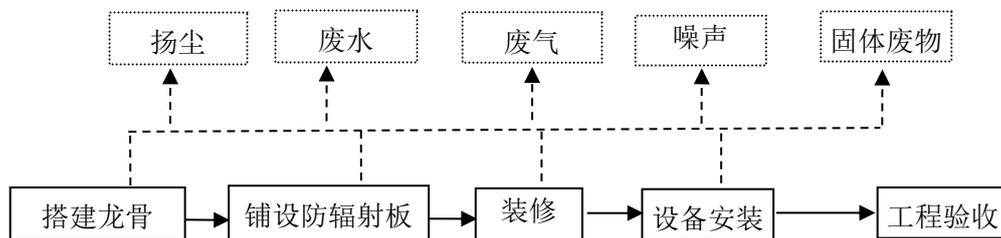


图 9-1 施工期工艺流程及产物环节图

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，属于无组织排放，主要通过封闭施工管理和采取及时洒水等措施来进行控制。

②噪声

施工期噪声包括主体施工、装修产生的噪声，由于施工范围小，施工期较短，项目通过合理安排施工时间，建筑隔声选用低噪设备等措施后，施工噪声对周围环境影响较小。

③废水

施工期产生的废水主要包括施工废水和施工人员的生活污水，施工废水沉淀处理后回用，生活污水产量较小，依托新建医院污水处理设施处理。

④固体废物

施工工程中固体废物主要为建筑垃圾、装修垃圾、设备安装中产生的废弃材料以及施工人员产生的生活垃圾等。施工过程中产生的建筑垃圾、装修垃圾、废弃材料等，

收集统一处理，运往政府指定地点堆存；施工人员产生的生活垃圾应统一收集后送城市环卫部门处理。

⑤设备安装调试期间的环境影响分析

本项目射线装置的安装调试阶段会产生 X 射线，可能造成一定的辐射影响，因此要求安装和调试均在辐射防护建设完成后进行。本项目设备的安装由设备厂家的专业人员进行操作，院方不得自行安装及调试设备。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，会产生 X 射线，医院应加强辐射防护管理，在此过程中保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在机房门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。人员离开时机房必须上锁或派人看守。由于设备的安装和调试均在机房内进行，经过墙体的屏蔽后对环境的影响是可接受的。设备安装完成后，医院方需及时回收包装材料及其它固体废物并作为一般固体废物进行处置，不得随意丢弃。

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

DSA 主要由带有影像增强器电视系统的 X 射线诊断机、高压注射器、电子计算机图像处理系统、治疗床、操作台、磁盘或磁带机和多幅照相机组成。

(2) 工作原理

数字减影血管造影技术是常规血造影术和电子计算机图像处理技术相结合的产物。DSA 的成像基本原理为：将受检部位没有注入透明的造影剂和注入透明的造影剂（含有有机化合物，在 X 射线照射下会显影）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块，做成矩阵化，形成由小方格中的像素所组成的视频图像，经过对数字幅和模/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，再经对比增强和数/模转换为普通的模拟信号，通过显示器显示出来。通过 DSA 处理的图像，可以看到含有造影剂的血液流动顺序以及血管充盈情况，从而了解血管的生理和解剖的变化，并以造影剂排出的路径及快慢推断有异常通道和血液动力学的改变，因此进行介入手术时更为安

全。

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) 病人经医生诊断、确定需要介入治疗的病人进行手术前洁净准备。

(2) 医生向病人告知可能受到的辐射危害。

(3) 设置参数，病人进入介入手术室、摆位。

(4) 根据不同的治疗方案，医师及护师密切配合，完成介入手术或检查。DSA 在进行曝光时分为拍片和透视两种情况：

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，然后进入操作室，关好防护门。医师、操作人员通过操作室的计算机系统控制 DSA 的 X 系统曝光，采集造影部位图像。医师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，介入手术医师位于手术床一旁，距 DSA 的 X 线管 0.5m 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）。同时手术床旁设有屏蔽挂帘和移动式防护帘。介入治疗中，医师根据操作需求，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。医生、护士佩戴防护用品。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、病人离开介入手术室。

(5) 治疗完毕关机。

本项目 DSA 工作流程及产污图见图 9-2：

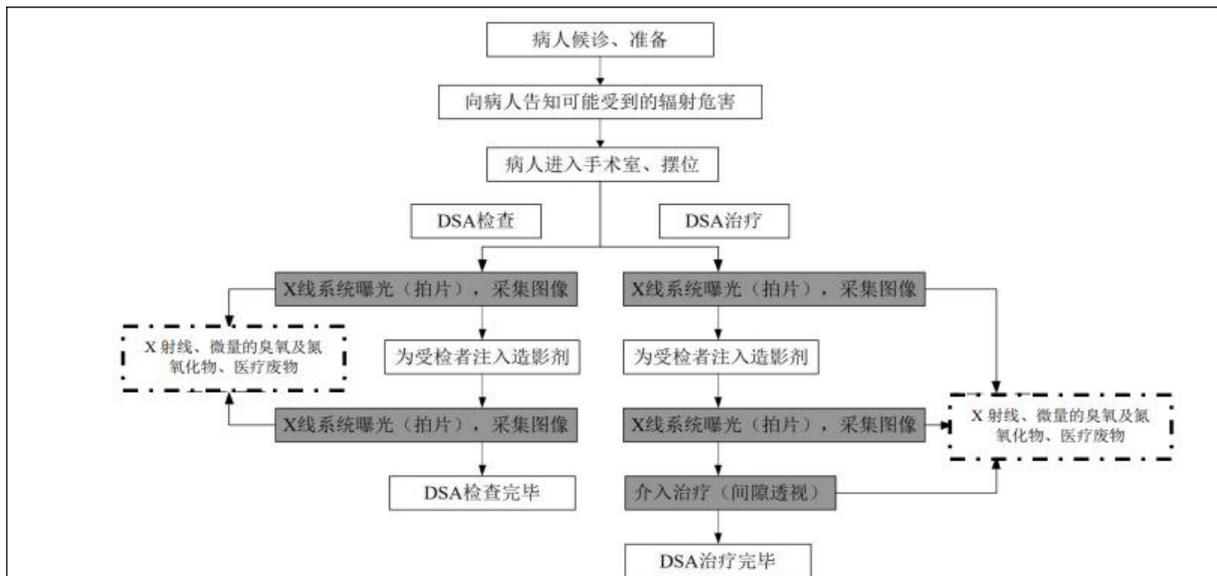


图 9-2 DSA 介入治疗流程及产污环节示意图

3、本项目医护人员、患者、污物路径分析

医护人员路径：本项目医护人员从换鞋区进入男女更衣室，男女医护人员经更衣室分别通过走道，进入介入手术室；技师从走道直接进入操作室。

患者路径：患者经过非限制区和半限制区的走道，经由复苏室进入介入手术室。

污物路径：手术过程中产生的医疗废物打包后暂存在污物间，本项目污物间内的医疗废物日产日清，晚上手术室下班时间，由工作人员统一再转运至医院医废暂存间内暂存，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 9-3。



图 9-3 介入手术室人流、物流路径示意图

4、环保高分子复合防辐射板施工工艺

根据设计方案，介入手术室四周墙体及顶部涉及环保高分子复合防辐射板施工，具体工艺如下：

①墙体基层处理：在确认墙体结构承重满足环保高分子复合防辐射板及其附属材料的荷载后，清理墙面杂物、浮灰，确保基层平整、干燥，若墙面不平整需用水泥砂浆找平，避免环保高分子复合防辐射板铺设时出现缝隙。

②材料准备与裁剪：根据设计方案本次选用 3mm 铅当量以上的环保高分子复合防辐射板，按照墙面尺寸精确裁剪环保高分子复合防辐射板，预留搭接宽度（通常为 50-100mm），避免因尺寸误差导致防护漏洞。

③环保高分子复合防辐射板的固定与铺设：墙体为实体结构（混凝土、砖墙）采用膨胀螺栓配合角钢支架固定：先在墙面安装水平和垂直角钢支架，再将环保高分子复合防辐射板用铅钉或专用螺栓固定在支架上，确保环保高分子复合防辐射板与墙面贴合紧密；若为轻质隔墙（如石膏板墙），需先加装木工板或钢板作为衬层，增强承重能力，再将环保高分子复合防辐射板通过自攻螺丝固定在衬层上，螺丝间距控制在 300-500mm，防止环保高分子复合防辐射板松动。环保高分子复合防辐射板铺设时采用错缝搭接，搭接处需用铅焊条焊接或铅胶泥密封，确保接缝处无射线泄漏（焊接时需保证焊缝饱满，胶泥密封需压实抹平）。墙角、门窗洞口等特殊部位需裁剪异形环保高分子复合防辐射板，与周边环保高分子复合防辐射板严密搭接，避免直角或缺口导致的防护薄弱点。

④表面处理：环保高分子复合防辐射板外侧通常需进行装饰保护，可采用水泥砂浆抹面、粘贴瓷砖或安装装饰面板（如铝塑板），既防止环保高分子复合防辐射板氧化腐蚀，又满足手术室的洁净和美观要求。

5、主要污染物

本项目 DSA 用于介入治疗，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、臭氧和氮氧化物，注入造影剂之后拍片产生的 X 射线、臭氧和氮氧化物，介入治疗过程中间歇透视产生的 X 射线、臭氧和氮氧化物。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。

（1）电离辐射

DSA 在开机状态下产生的 X 射线，X 射线贯穿机房的屏蔽墙进入外环境，对操作室职业人员及机房周围公众人员产生外照射影响；在介入手术过程中，对手术室内操作的医护人员造成较高剂量的外照射。

本项目数字减影血管造影装置（DSA）的相关参数具体如下表所示：

工作场所	介入手术室
设备名称	数字减影血管造影装置（DSA）
型号	待定
厂家	待定
过滤片	≥2.5mm 铝
数量	1 台
射线装置分类	II 类射线装置
最大参数	125kV，1000mA
运行参数	拍片：电压≤100kV，电流≤500mA 透视：电压≤90kV，电流≤20mA

（2）废气

介入手术室内采用多联机+新风系统，并配置一套独立的排风系统，风管均设置于吊顶内。排风量不低于 250m³/h，排风机同层吊顶安装，排风通过外墙的室外百叶排至室外，新风取风口与排风口在不同方向，间距不小于 10m。DSA 曝光过程中臭氧和氮氧化物产生量很小，经空气稀释后，对周围环境影响较小。

（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，本项目新建介入手术室预计手术量为 1500 台，则每年固体废物产生量约为 3000kg。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院内医疗废物暂存间（医院东南处）暂存，统一交由有相应资质的单位收运处置。

③本项目拟配置 18 名辐射工作人员，其中 16 名医生，1 名护士，1 名技师。每人每天产生办公垃圾和生活垃圾约 0.5kg，则每年办公垃圾和生活垃圾产生量约 2.25t。工作人员产生的生活垃圾和办公垃圾不属于医疗废物，医院应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

项目运行后，废水主要为辐射工作人员的生活污水和医疗废水。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 1.53m³/d，382.5m³/a；医疗废水产生量约 0.51m³/d，127.5m³/a。则本项目废水总产生量约 2.04m³/d，510m³/a。

项目产生的废水依托医院已建的污水管道和污水处理站（院内西南部，处理能力：1000m³/d，处理工艺为“一级处理+消毒”），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广元市市政污水处理厂处理，处理达标后排放。

（5）噪声

本项目所有设备选用低噪声设备，噪声源主要为风机，最大源强不超过 50dB(A)，且均处于室内，通过建筑墙体隔声及距离衰减后，运行期间厂界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2 类标准要求。

（6）造影剂的存储、泄露风险

本项目使用的造影剂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。

碘克沙醇：分子式 C₃₅H₄₄I₆N₆O₁₅，分子量 1550.20，浓度为 320mg I/ml，渗透压 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。本项目使用的造影剂碘克沙醇注射液，规格为 50ml/瓶，平均每台介入手术使用 2 瓶，每年约 1500 台手术，年使用量约为 150L。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。

碘海醇：分子式 C₁₉H₂₆I₃N₃O₉，分子量 821.14，浓度为 350mg I/ml，渗透压 780 mOsm/kg·H₂O（37℃），粘度 5.8 mPa·s（37℃），pH 值为 6.5-7.8。本品为无色至淡黄色的澄明液体。活性成分为碘海醇，辅料为注射用水、氨丁三醇、氯化钠、依地酸钙钠、盐酸（调节 pH），包装为聚丙烯塑料安瓿或中性硼硅玻璃输液瓶，规格为 50ml/瓶，平均每台介入手术使用 2 瓶，每年约 1500 台手术，年使用量约为 150L，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。

造影剂（碘克沙醇和碘海醇）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；同时造

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和未使用完以及过期的造影剂均属于《医疗废物分类目录》中的药物性废物（医疗废物），最后都将作为医疗废物进行处理；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、总平布置及两区划分

1、总平面布局合理性分析

广元市第一人民医院位于广元市利州区苴国路中段，北侧为苴国路、西侧为河阳路、东侧为东苑路、南侧为绵谷路；本项目介入手术室设置于院内南部第二住院楼 1 层，该楼呈“T”型、南北朝向，北侧通过连廊与内科楼和门诊楼依次连接，西北侧为污水处理站、东北侧为污物处理站，西北和东北两侧靠近医院边界处均有一栋辅楼，西南侧为感染科大楼、东南侧为血液透析中心。介入手术室位于第二住院楼 1 楼，西北侧由远及近 4.7m~48m 依次为谈话室、护士站、患者等候区、电子阅览室、图书阅览室和医保科办公室，东北侧由远及近 2.5m~10m 为弱电间、强电间、污物暂存间、排风兼排烟机房，西南侧由远及近 10.8m~42m 为 CT 值班室、输血科值班室及其配套的无菌用品间以及感染科大楼，东南侧 18m 为血液透析中心；以介入手术室四周墙体为边界，东墙外贴邻无菌间与污物间，南墙外为临空区域并露天放置空气能热水器设备，西墙外为设备间与复苏室，北墙外为操作室及过道，机房楼上为病房区，机房楼下为物业单位值班室。

本项目介入手术室及其辅助用房的布局设置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，互不交叉影响。最大限度避开了人流量较大的门诊区，本项目仅为医院配套建设项目，新建介入手术室为专门的辐射工作场所，建成后有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对周围环境影响较小，所以总平面布置是合理的。

2、辐射工作场所两区划分

(1) 分区原则

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求，将本项目辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

控制区：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：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

行监督和评价的区域。

(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。

拟将介入手术室、无菌间划分为控制区；将污物间、复苏室、操作室、设备间划分为监督区，项目控制区和监督区划分情况见表 10-1

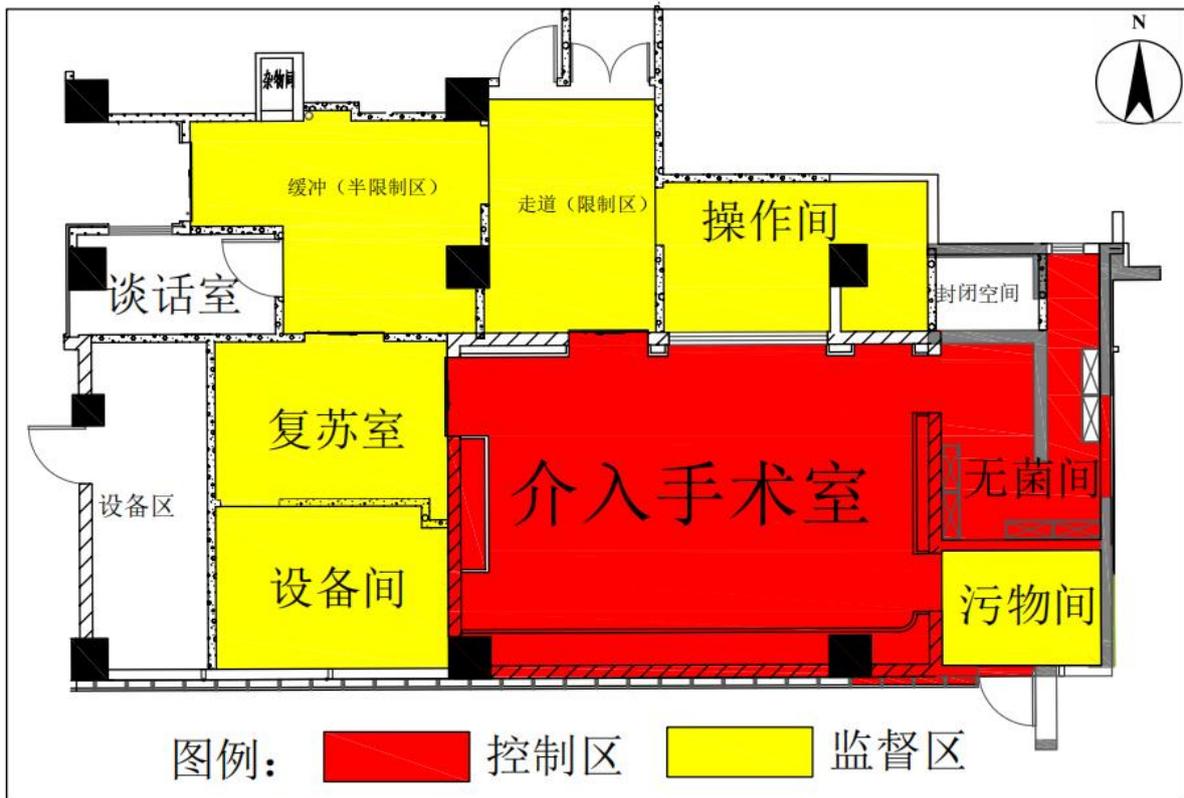


图 10-1 本项目控制区和监督区划分示意图

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
介入手术室	介入手术室、无菌间	污物间、复苏室、操作室、设备间、缓冲（半限制区）、走道（限制区）

(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；

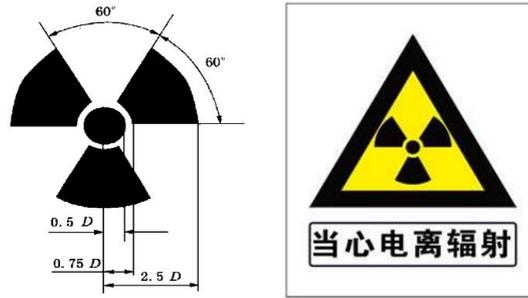


图 10-2 电离辐射标志和电离辐射警告标志

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以黄线警示监督区为边界；

②在监督区的入口处的适当地点设立表明监督区的标牌；

③定期检查该区的条件，以确定是否需要采取防护措施和做出安全规定，或是否需要更改监督区的边界。

二、辐射安全与防护措施

（一）设备固有安全性

本项目拟购 DSA 来自正规厂家，满足国家质检要求，装置漏射辐射不会超过国家规定的限值。

此外设备自身采取以下安全防护措施：

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)、铅屏风等辅助防护用品与设施，则在设备运行中可用于加强对有关人员采取放射防护与安全措施。

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

（二）工作场所屏蔽防护措施

本项目介入手术室为新建场所，进行防护施工，根据医院提供防护设计资料进行防护施工，本项目数字减影血管造影装置（DSA）最大管电压为125kV，最大管电流为1000mA，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 拟合值按公式 11-1 计算辐射透射因子 B：

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

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，使用公式 11-2 计算出各屏蔽物质的铅当量厚度 X：

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

式中：

- B——给定材质厚度的屏蔽透射因子；
- X——铅厚度（mm）；
- α——铅对不同管电压X射线衰减的有关的拟合参数；
- β——铅对不同管电压X射线衰减的有关的拟合参数；
- γ——铅对不同管电压X射线衰减的有关的拟合参数。

本项目保守估计，在墙体防护混凝土和实心砖折合铅当量估算时均采用设备最大管电压125kV（主射）进行考虑。

表 10-2 屏蔽材料对 X 射线的辐射衰减拟合参数

管电压125kV（主射）			
材料	α	β	γ
铅	2.219	7.923	0.5386
混凝土	0.03502	0.07113	1.6974
砖	0.02870	0.06700	1.346

换算铅当量时，DSA 管电压保守取最大电压 125kV，根据公式 1、公式 2 及表 10-2 中不同屏蔽物质的辐射衰减拟合参数，12mm 环保高分子复合防辐射板保守取 3mmPb（检测结果见附件 11）本项目实体屏蔽折算结果见表 10-3。

表 10-3 介入手术室的实体防护折合铅当量计算表

项目	实体结构	折合铅当量	总计
四周墙体	240mm 实心砖墙+12mm 环保高分子复合防辐射板	2.3mmPb+3mmPb	5.3mmPb
屏蔽门	4mmPb 铅当量铅门	4mmPb	4mmPb
观察窗	4mmPb 铅当量含铅玻璃	4mmPb	4mmPb
屋顶	120mm 混凝土+12mm 环保高分板环保高分子防辐射板+20mm 硫酸钡	1.1mmPb+3mmPb+1.3mmPb	5.4mmPb
地面	260mm 混凝土+20mm 硫酸钡	3.1mmPb+1.3mmPb	4.4mmPb

①根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C，常用屏蔽物质的密度：混凝土密

度 $2.35\text{g}/\text{cm}^3$ ，砖密度 $1.65\text{g}/\text{cm}^3$ 。

②硫酸钡防护涂料密度不低于钡水泥密度即 $2.79\text{g}/\text{cm}^3$ ，本项目 DSA 最大管电压为 125kV ，根据《放射防护实用手册》（赵兰才 张丹枫编著）表 6.14，本次评价保守按照 150kV 进行取值。由内插法可得，在 150kV 管电压下， 20mm 硫酸钡防护涂料保守等效为 1.3mmPb 。

表 10-4 介入手术室的实体防护设施对照表

场所	介入手术室规格	四周墙体	屏蔽门	观察窗	地面	顶部
		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
介入手术室	49.95m ² (最小单边长度 6.66m)	240mm实心砖墙+12mm环保高分子复合防辐射板	4mm铅当量铅门	4mm铅当量含铅玻璃	260mm混凝土+20mm硫酸钡	120mm混凝土+12mm环保高分板环保高分子防辐射板+20mm硫酸钡
放射诊断放射防护要求	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
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

(三) 通风系统及电缆敷设情况

(1) 通排风系统

介入手术室内采用多联机+新风系统，并配置一套独立的排风系统，风管均设置于吊顶内。排风量不低于 $250\text{m}^3/\text{h}$ ，新风量 $490\text{m}^3/\text{h}$ 。新风机设置于空调机房内，通过井道从室外取风，排风机同层吊顶安装，排风通过外墙的室外百叶排至室外，新风取风口与排风口在不同方向，间距不小于 10m 。

通排风管道穿墙方式为直穿式，管道口拟设置 3mm 铅板进行防护，以防止射线漏出，能够满足辐射防护要求。

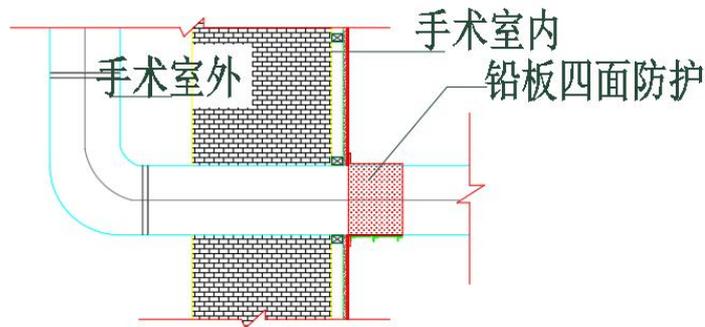


图10-3 通排风管道铅防护补偿示意图

(2) 电缆敷设

本项目控制电缆由介入手术室内通过电缆沟从地坪下方穿越墙体连接至设备间及操作室，电缆沟采用 3mm 以上不锈钢板+3mm 铅板覆盖，地沟线槽穿墙处拟设 3mm 铅板进行防护补偿。

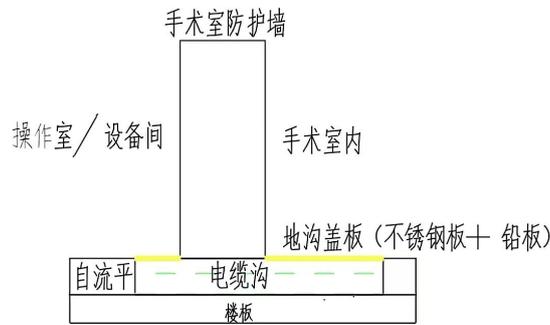


图 10-4 电缆沟铅防护补偿示意图

(四) 安全装置

(1) 警示标识：介入手术室患者进出防护门、医护人员进出防护门、复苏室防护门外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，同时在介入手术室患者通道应设置电离辐射危害告知等提示信息。

(2) 观察窗及对讲装置：介入手术室与操作室内的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；介入手术室与操作室之间设置对讲装置，便于医护人员与患者交流。

(3) 闭门、防夹装置：本项目介入手术室设置 4 个防护门，共 4 扇，其中患者进出门和复苏室防护门位于手术室西北侧，为 4mmPb 电动推拉式防护门；污物间防护门位于东南侧、无菌间防护门位于东侧，设备间防护门位于手术室西南侧，均为 4mmPb 手动平开式防护门。推拉式机房门拟制定曝光时关闭机房门的管理措施。

(4) 门灯联锁装置：本项目介入手术室患者进出防护门、医护人员进出防护门、应设置有门灯联锁系统，防护门外上方设置醒目的工作状态指示灯，灯箱上设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句，在防护门关闭时，指示灯亮，警示无关人员远离该区域。

(5) 紧急止动按钮：本项目设备在床体和操作台各 1 个紧急止动按钮，在机器故障时可按下，避免意外照射。

(五) 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，且在介入手术室人员通道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。

③屏蔽防护

隔室操作：辐射工作人员采取隔室操作方式，通过操作室与介入手术室之间的墙体、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。

防护用品：对于介入诊疗操作时工作人员和受检者需配备的个人防护用品须满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中相关要求：

表 10-5 介入诊疗操作时工作人员和受检者需配备的个人防护用品要求

放射检查类型	工作人员		患者和受检者	
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施
介入放射学操作	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套 选配：铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏选配：移动铅防护屏风	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套选配：铅橡胶帽子	—

注：“—”表示不要求。

备注：除介入防护手套外，防护用品和辅助防护设施的铅当量不小于0.25mmPb；介入防护手套铅当量不小于 0.025mmPb；甲状腺、性腺防护用品铅当量应不小于0.5mmPb；移动铅防护屏风铅当量不小于2mmPb，放射工作人员需要光学铅眼镜的另行单独配置。儿童防护用品和辅助防护设施的铅当量不小于0.5mmPb。防护用品采用悬挂或平铺方式存放，不折叠。

本项目介入手术室拟配备个人防护用品如表10-6所示。

表 10-6 介入手术室个人防护用品配备一览表

序号	场所	防护名称		数量/件	铅当量 (mmPb)
1	介入手术室	患者	铅橡胶围裙	1	0.5
2			铅橡胶颈套	1	0.5
3		医护人员	铅橡胶颈套	3	0.5
4			铅防护眼镜	3	0.25
5			介入防护手套	3	0.025
6			铅衣	3	0.5

注：铅衣与铅橡胶围裙均为个人防护用品，铅衣为全身式设计，覆盖躯干、四肢等部位，而铅橡胶围裙通常为上半身设计（如围裙状），主要防护胸部及上肢区域；对本项目介入手术的医护人员，选用铅衣作为个人防护用品更符合实际使用情景和防护需求。

本项目介入手术室辅助防护设施配备如表10-7所示。

表 10-7 介入手术室辅助防护设施配备一览表

序号	场所	防护名称	数量	铅当量	医院拟配备情况
1	介入手术室	铅悬挂防护屏/铅防护吊帘	1	≥0.5mmPb	设备采购时自带辅助防护设施，含铅防护吊帘和床侧防护帘，铅当量均为0.5mmPb
2		床侧防护帘/床侧防护屏	1	≥0.5mmPb	

本项目个人防护用品和辅助防护设施配备情况均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中的相关规定。

④个人剂量监测

辐射工作人员均应配备有个人剂量计，并要求上班期间必须佩带。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。

（1）受检者或患者的安全防护

根据表 10-6，医院应配有铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套，用于患者非照射部位进行防护，以避免病人受到不必要的照射。另外，在不影响工作质量的前提下，保持与射线装置尽可能大的距离。

（2）介入手术室周边公众的安全防护

周边公众主要依托辐射工作场所的屏蔽墙体、防护门窗和地板楼板屏蔽射线。同时，辐射工作场所严格实行辐射防护“两区”管理，在介入手术室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。

（3）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作好患者非照射部位的保护工作。

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）》对 II 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 10-8：

表 10-8 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
场所 设施	观察窗屏蔽	1 扇铅窗，为 4mm 铅当量	/
	防护门	4 扇防护铅门，均为 4mm 铅当量	设计中已有
	操作位局部屏蔽防护设施	1 套设备自带铅帘	设备自带
	通风设施	排风系统、净化空调系统	设计中已有
	紧急停机按钮	设备中自带	设计中已有
	门灯连锁	/	需配备 2 套
	对讲系统	/	需配备 1 套
	入口处电离辐射警告标志	/	需配备 2 套
	入口处机器工作状态指示灯箱	/	需配备 2 套
	闭门装置（平开门）	/	需配备 2 套
防夹装置（推拉门）	/	需配备 2 套	
监测	便携式辐射监测仪	/	需配备 1 台

设备	个人剂量计	/	利旧
	个人剂量报警仪	/	利旧
防护器材	医护人员个人防护	/	需配备铅衣 3 套、铅橡胶颈套 3 套、铅防护眼镜 3 副、介入防护手套 3 双
	患者防护	/	需配备铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾 1 套、铅橡胶颈套 1 套

四、投资估算

本项目核技术应用项目总投资 1000 万元，其中环保投资 41.05 万元，占总投资约 4.10%。具体环保设施及投资见表 10-9。

表 10-9 环保设施及投资一览表

项目		环保设施	数量	投资 (万元)
介入手术室	场所 实体 设施	屋顶、地面、墙体的土建工程	1 间	■
		介入手术室防护工程（环保高分子复合防辐射板、硫酸钡防护涂料等）	1 间	
		4mmPb防护门	4 扇	
		观察窗	1 扇	
	安全 装置	电离辐射警告标志	2 个	
		闭门装置（平开门）	4 套	
		防夹装置（推拉门）	2 套	
		有中文标识的紧急停机按钮（操作台和介入手术床旁）	1 套	
		工作状态指示灯箱及门灯联锁装置	2 套	
		对讲系统	1 套	
		床下铅帘（0.5mm 铅当量）	1 套	
		悬吊铅帘（0.5mm 铅当量）	1 套	
	监测 仪器 及个 人防 护用 品	个人剂量计	18 套	
		个人剂量报警仪	3 台	
		便携式辐射监测仪	1 台	
		铅衣、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套	3 套	
		铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套	1 套	
其他	通风设施：新风、排风系统	新增		
灭火器材	/	新增 4 套		
合计				

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。生活污水和医疗废水依托医院已建的污水管道和污水处理站（位于院内西南部，处理能力：1000m³/d，处理工艺为“一级处理+消毒”），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广元市市政污水处理厂处理，处理达标后排放。

2、废气

介入手术室内采用多联机+新风系统，并配置一套独立的排风系统，风管均设置于吊顶内。排风量不低于 250m³/h，排风机同层吊顶安装，排风通过外墙的室外百叶排至室外，新风取风口与排风口在不同方向，间距不小于 10m。DSA 曝光过程中臭氧和氮氧化物产生量很小，经空气稀释后，对周围环境影响较小。

3、固体废物

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本项目拟配置 18 名辐射工作人员，其中 16 名医生，1 名护士，1 名技师。每人每天产生办公垃圾和生活垃圾约 0.5kg，则每年办公垃圾和生活垃圾产生量约 2.25t。工作人员产生的生活垃圾和办公垃圾不属于医疗废物，医院按照当地管理部门要求，进行统一收集后由环卫部门统一定期清运。

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，经专用容器统一收集打包后与医院其他医疗废物一起在医疗废物暂存间暂存，统一交由有相应资质的单位收运处置。

项目产生固废均得到合理处置，不会对周围环境产生明显影响。

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

介入手术室在装修装饰过程中施工期将会产生一定扬尘、噪声、固体废物、施工废水以及施工人员的生活垃圾和生活污水。对于施工期将产生的扬尘、噪声、固体废物、施工污水以及施工人员的生活垃圾和生活污水，针对本项目，医院拟采取以下措施：

扬尘的防治措施：项目通过施工现场封闭施工和采取洒水等措施来进行控制；

废水防治措施：项目废水主要为施工人员的生活污水，生活污水产量较小，依托医院污水处理设施处理；

废气防治措施：项目施工现场封闭施工，施工现场及时清理，通风换气等措施；

噪声防治措施：选用低噪声设备，合理安排施工时间；

固废防治措施：建筑垃圾由施工单位集中收集到指定地点进行处理，生活垃圾依托环卫部门统一清运。

二、设备安装调试期间的环境影响分析

设备安装、调试由设备厂家专业人员操作，同时加强辐射防护管理，严格限制无关人员靠近，防止辐射事故发生。由于设备的安装和调试均在介入手术室内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可接受的。设备安装完成后，建设单位需及时回收包装材料及其它固体废物，作为一般固体废物进行处置，不随意丢弃。

运行阶段对环境的影响

一、辐射环境影响分析

医院拟在本次新建介入手术室内使用 1 台 DSA，进行介入手术治疗的工作负荷约 1500 台手术/年，DSA 主要用于血管造影，介入手术等。

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。本设备为数字成像设备，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，出束方向向上。

DSA 在进行曝光时分为两种情况：

①造影拍片过程：操作人员采取隔室操作的方式，医生通过操作室铅玻璃观察窗介入手术室内病人情况，并通过对讲系统与病人交流。在拍片过程中，医生位于操作室内，经介入手术室各屏蔽体屏蔽后，对介入手术室外（包括介入手术室楼上）的公众和工作人员基本没有影响。

②脉冲透视过程

为更清楚的了解病人情况，医生需进入介入手术室，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衣、戴铅防护眼镜等在介入手术室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。

1、本项目关注点的辐射环境影响分析

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。

由于医院设备未定，根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130—2020）中关于滤过的内容规定，“除牙科摄影和乳腺摄影用X射线设备外，X射线有用线束中的所有物质形成的等效总滤过，应不小于2.5 mmAl”，本次设备保守选取固有过滤当量2.5mm铝，作为过滤条件，根据《辐射防护手册（第三分册）》P58图3.1可知，X射线过滤材料为2.5mmAl，100kV电压下，发射率常数为 $0.09\text{mGy}\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ ；90kV电压下，发射率常数为 $0.075\text{mGy}\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ 。

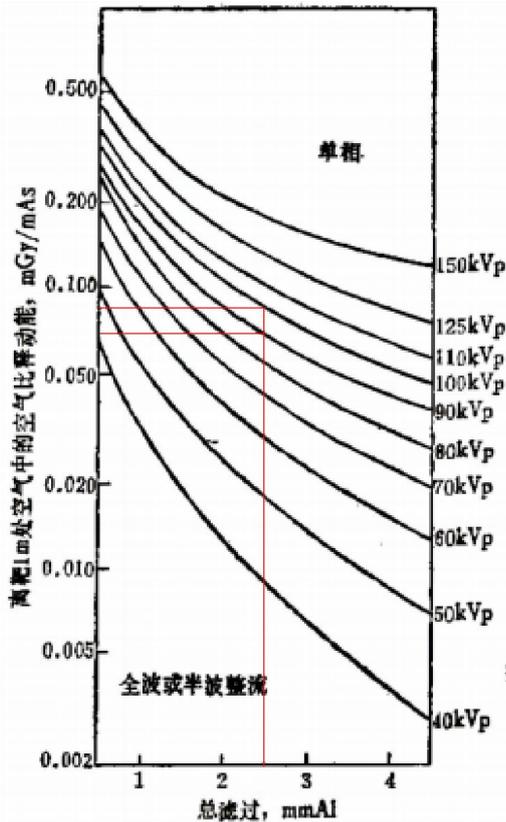


图 11-1 距 X 线源 1m 处的照射量率随管电压及总滤过厚度变化的情况

本次评价拟进行按最大工况保守进行估算。根据《辐射防护导论》P69，X 射线机产生的 X 射线造成的空气比释动能率，按式 1 计算：

$$H_0 = I \times \partial_x \times \left(\frac{r_0^2}{r^2}\right) \dots\dots\dots(\text{式 1})$$

式中：

H_0 —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/min；

I —管电流 (mA) ；

∂_x —管电流为 1mA，距靶 1m 处的发射率常数；

r_0 —取 1m；

r —源至关注点的距离，m，计算 1 米处剂量率时，取 1m。

经计算，在透视时管电压为 90kV、管电流为 20mA 时，距靶 1m 处的剂量率 H_0 为 90mGy·min⁻¹；在拍片时管电压为 100kV、管电流为 500mA 时，距靶 1m 处的剂量率 H_0 为 2700mGy·min⁻¹，见下表：

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	发射率常数	H_0
透视	70~90kV	6~20mA	90kV、20mA	$0.075\text{mGy}\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$	$90\text{mGy}\cdot\text{min}^{-1}$
拍片	60~100kV	100~500mA	100k、500mA	$0.09\text{mGy}\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$	$2700\text{mGy}\cdot\text{min}^{-1}$

本项目 DSA 投用后,手术过程中介入手术室四周的保护目标,均受到漏射射线和散射射线的影响,介入手术室正上方受主射辐射的影响,介入手术室内的辐射工作人员受到散射和漏射的影响。根据电离辐射水平随着距离的增加而衰减的规律,距离介入手术室最近关注点可以代表最大可能辐射影响。

本项目共布设 19 个预测点位,预测点位见下表,预测点位图见图 11-2。

表 11-2 本项目预测点位、方位及距离

序号	保护目标	相对方位	距辐射源最近距离(m)	
			水平	垂直
1#	主刀医生	-	0.5	/
2#	助手医生		0.5	
3#	护士	-	1.0	/
4#	操作室内的技师	北侧	4.0	/
5#	供应科值班室、办公室、库房、男女更衣室		1.9	/
6#	机房北侧走道			
7#	无菌间和污物间内的工作人员	东侧	1.4	/
8#	临空、空气能热水器设备露天场所	南侧	1.5	/
9#	复苏室内的人员	西侧	1.5	/
10#	设备间内的人员	西侧	1.5	
11#	3 号楼梯及其无障碍电梯	东侧	4.9	
12#	CT 室及其配套的操作室内的工作人员、1 号楼梯	西侧	7.2	
13#	CT 值班室和输血科值班室及其配套的无菌用品间,以及放射科诊室内的人员	西南侧	10.6	/
14#	谈话室、护士站、门厅、患者等候区、电子阅览室、图书阅览室和医保科办公室内的人员	西北侧	4.7	/
15#	弱电间、强电间、污物暂存间、排风兼排烟机房	东北侧	2.5	/
16#	A 型三床病房 (2F) 及其第二住院大楼其他区域 (3F~12F)	正上方	/	3.0
17#	物业值班室 (-1F)	下方	/	3.0

18#	院内	感染科大楼、血液透析中心、医院连廊、医疗废物暂存站	西南侧、东南侧、北侧	18	/
19#	院外	东苑路上的流动人群	东侧	32	/

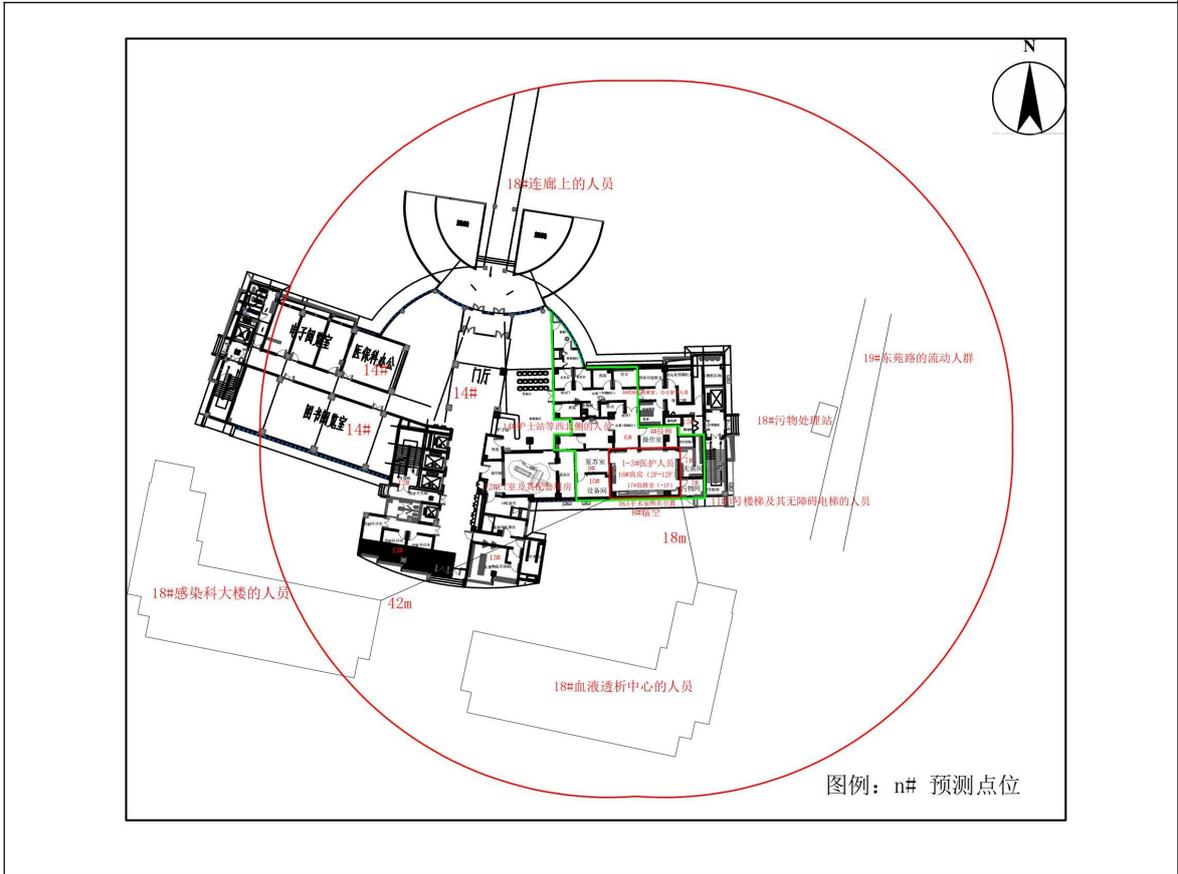


图 11-2 本项目预测关注点位示意图

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）公式C.1以及附录表C.2、表C.3可知，屏蔽减弱因子B计算如下：

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

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。

散射线的减弱因子将根据实际情况,采用常用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,故采用常用工况下主射线拟合参数计算其减弱因子。

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	
混凝土	0.04228		0.1137		0.4690	
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
混凝土	0.03925	0.03950	0.08567	0.08440	0.4273	0.5191

由于《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)附录表C.3中砖没有散射时的拟合参数,故本次计算散射因子时保守按照100kV(有用线束)时的砖拟合参数进行计算。

根据计算,介入手术室不同防护措施对应的屏蔽减弱因子见表11-4。

表 11-4 介入手术室设计屏蔽参数及防护措施铅当量一览表

屏蔽方位	屏蔽材料与厚度	等效约合铅当量	屏蔽减弱因子(透视)	屏蔽减弱因子(拍片)	
				主束	散射
四周墙体	240mm 实心砖墙+12mm 环保高分子复合防辐射板	5.3mmPb	6.85E-09	1.31E-07	1.97E-07
屏蔽门	4mmPb 铅门	4mmPb	3.69E-07	3.39E-06	5.14E-06
观察窗	4mmPb 铅玻璃窗	4mmPb	3.69E-07	3.39E-06	5.14E-06
屋顶	120mm 混凝土+(12mm 环保高分板环保高分子防辐射板+20mm 硫酸钡)	5.4mmPb	5.04E-09	1.02E-07	/
地面	120mm 混凝土+12mm 环保高分子复合防辐射板	4.4mmPb	1.08E-07	1.25E-06	1.89E-06
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	/	/
腕部	0.025mmPb 铅手套	0.025mmPb	6.26E-01	/	/
	0.025mmPb 铅手套 +0.5mmPb 铅帘	0.525mmPb	2.27E-02	/	/

(1) 主射线束方向影响分析

① 计算模式

主射束的屏蔽防根据下式进行计算：

$$D_r = D_l \cdot B / R^2 \quad (\text{式 3})$$

式中：

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

D_l —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%。

将相关参数带入（式 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 介入手术室主射方向预测点年有效剂量估算

预测点 保护目标	防护材料	屏蔽厚度 (mmPb)	受照体与 关注点的 距离 (m)	照射 类型	屏蔽透 射因子	衰减倍 数	主射剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)
15#A 型三床 病房 (2F) 及 其第二住院 大楼其他区 域 (3F~12F)	120mm 混凝土 + (12mm 环保 高分子板环保高 分子防辐射板 +20mm 硫酸钡	5.4mmPb	3.0	透视	5.04E-09	10	3.01E-02
				拍片	1.02E-07	10	1.83E-01

(2) 病人体表散射辐射剂量估算

$$H_{sr} = \frac{H_{1m} \cdot (s/400) \cdot \alpha \cdot B}{(d_0)^2 \cdot (d_s)^2} \dots\dots\dots (\text{式 4})$$

式中：

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

H_{1m} ——距靶 1m 处的剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

α ——患者对 X 射线的散射比；根据《辐射防护手册》（第一分册）表 10.1 查表取得当 400cm^2 散射面积时， $\alpha=1.3 \times 10^{-3}$ ；

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 ; $d_s = \sqrt{r^2 + d_0^2}$, r 为射线源与预测点的距离,

但实际情况需考虑手术位人员身高, 本次保守取 $d_s=r$;

B ——屏蔽透射因子。

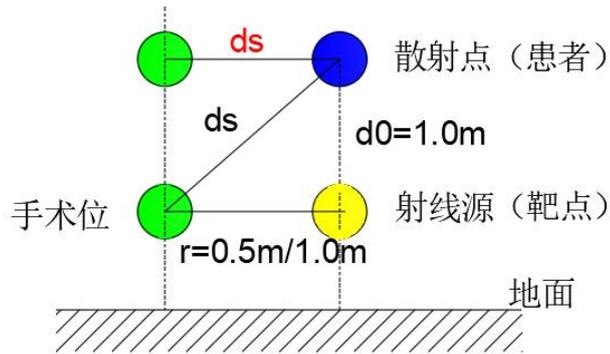


图 11-3 本项目 d_s 距离示意图

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

预测点 保护目标	源与预测点的 距离 (m)	防护材料	屏蔽厚度 (mmPb)	照射 类型	屏蔽透射 因子	散射辐射剂 量率 ($\mu\text{Gy/h}$)
1#主刀医生	0.5	0.5mmPb 铅衣 +0.5mmPb 铅帘	1	透视	4.08E-03	2.86E+01
2#助手医生	0.5	0.5mmPb 铅衣 +0.5mmPb 铅帘	1	透视	4.08E-03	2.86E+01
3#护士	1.0	0.5mmPb 铅衣	0.5	透视	2.52E-02	4.42E+01
4#操作室内技师	4.0	4mmPb 铅玻璃窗	4	透视	3.69E-07	4.04E-05
				拍片	5.14E-06	1.69E-02
5#供应科值班室、办 公室、库房、男女更 衣室	4.0	240mm 实心砖 +12mm 环保高分 子复合防辐射板	5.3	透视	6.85E-09	7.49E-07
				拍片	1.97E-07	6.47E-04
6#机房北侧走道	1.9	4mmPb 防护门	4	透视	3.69E-07	1.79E-04
				拍片	5.14E-06	7.46E-02
7#无菌间和污物间 内的工作人员	1.4	4mmPb 防护门	4	透视	3.69E-07	3.29E-04
				拍片	5.14E-06	1.37E-01
8#临空、空气能热水 器设备露天场所	1.5	240mm 实心砖 +12mm 环保高分 子复合防辐射板	5.3	透视	6.85E-09	5.31E-06
				拍片	1.97E-07	4.58E-03

9#复苏室内的人员	1.5	4mmPb 防护门	4	透视	3.69E-07	2.86E-04
				拍片	5.14E-06	1.20E-01
10#设备间内的人员	1.5	240mm 实心砖 +12mm 环保高分子复合防辐射板	5.3	透视	6.85E-09	5.31E-06
				拍片	1.97E-07	4.58E-03
11#3 号楼梯及其无障碍电梯	4.9	240mm 实心砖 +12mm 环保高分子复合防辐射板	5.3	透视	6.85E-09	5.00E-07
				拍片	1.97E-07	4.31E-04
12#CT 室及其配套的操作室内的工作人员、1 号楼梯	7.2	240mm 实心砖 +12mm 环保高分子复合防辐射板	5.3	透视	6.85E-09	2.32E-07
				拍片	1.97E-07	2.00E-04
13#CT 值班室和输血科值班室及其配套的无菌用品间, 以及放射科诊室内的人员	10.6	240mm 实心砖 +12mm 环保高分子复合防辐射板	5.3	透视	6.85E-09	1.07E-07
				拍片	1.97E-07	9.22E-05
14#谈话室、护士站、患者等候区、电子阅览室、图书阅览室和医保科办公室内的人员	4.7	240mm 实心砖 +12mm 环保高分子复合防辐射板	5.3	透视	6.85E-09	5.43E-07
				拍片	1.97E-07	4.68E-04
15#弱电间、强电间、污物暂存间、排风兼排烟机房	2.5	240mm 实心砖 +12mm 环保高分子复合防辐射板	5.3	透视	6.85E-09	1.92E-06
				拍片	1.97E-07	1.65E-03
18#感染科大楼、血液透析中心、医院连廊、医疗废物暂存站	18	240mm 实心砖 +12mm 环保高分子复合防辐射板	5.3	透视	6.85E-09	3.71E-08
				拍片	1.97E-07	3.20E-05
19#东苑路上的流动人群	32	240mm 实心砖 +12mm 环保高分子复合防辐射板	5.3	透视	6.85E-09	1.17E-08
				拍片	1.97E-07	1.01E-05

(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 4)进行计算。

$$H_{LR} = \frac{H_L \cdot B}{r^2} \dots\dots\dots (式5)$$

式中:

H_{LR} —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 $1 \times 10^3 \mu\text{Gy/h}$;

r—靶点距关注点的距离, m;

B——减弱因子, 前文表 11-3 计算取得。

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

预测点 保护目标	靶点与预测 点的距离(m)	防护材料	屏蔽厚度 (mmPb)	照射 类型	屏蔽透射因 子	漏射辐射剂 量率 ($\mu\text{Gy/h}$)
1#主刀医生	0.5	0.5mmPb 铅衣 +0.5mmPb 铅帘	1	透视	4.08E-03	1.63E+01
2#助手医生	0.5	0.5mmPb 铅衣 +0.5mmPb 铅帘	1	透视	4.08E-03	1.63E+01
3#护士	1.0	0.5mmPb 铅衣	0.5	透视	2.52E-02	2.52E+01
4#操作室内技师	4.0	4mmPb 铅玻璃窗	4	透视	3.69E-07	2.30E-05
				拍片	3.39E-06	2.11E-04
5#供应科值班室、办 公室、库房、男女更 衣室	4.0	240mm 实心砖 +12mm 环保高分 子复合防辐射板	5.3	透视	6.85E-09	4.27E-07
				拍片	1.31E-07	8.17E-06
6#机房北侧走道	1.9	4mmPb 防护门	4	透视	3.69E-07	1.02E-04
				拍片	3.39E-06	9.35E-04
7#无菌间和污物间 内的工作人员	1.4	4mmPb 防护门	4	透视	3.69E-07	1.87E-04
				拍片	3.39E-06	1.72E-03
8#临空、空气能热水 器设备露天场所	1.5	240mm 实心砖 +12mm 环保高分 子复合防辐射板	5.3	透视	6.85E-09	3.02E-06
				拍片	1.31E-07	5.78E-05
9#复苏室内的人员	1.5	4mmPb 防护门	4	透视	3.69E-07	1.63E-04
				拍片	3.39E-06	1.50E-03
10#设备间内的人员	1.5	240mm 实心砖 +12mm 环保高分 子复合防辐射板	5.3	透视	6.85E-09	3.02E-06
				拍片	1.31E-07	5.78E-05
11#3 号楼梯及其无 障碍电梯	4.9	240mm 实心砖 +12mm 环保高分 子复合防辐射板	5.3	透视	6.85E-09	2.85E-07
				拍片	1.31E-07	5.44E-06

12#CT室及其配套的操作室内的工作人员、1号楼梯	7.2	240mm 实心砖+12mm 环保高分子复合防辐射板	5.3	透视	6.85E-09	1.32E-07
				拍片	1.31E-07	2.52E-06
13#CT值班室和输血科值班室及其配套的无菌用品间,以及放射科诊室内的人员	10.6	240mm 实心砖+12mm 环保高分子复合防辐射板	5.3	透视	6.85E-09	6.09E-08
				拍片	1.31E-07	1.16E-06
14#谈话室、护士站、门厅、患者等候区、电子阅览室、图书阅览室和医保科办公室内的人员	4.7	240mm 实心砖+12mm 环保高分子复合防辐射板	5.3	透视	6.85E-09	3.09E-07
				拍片	1.31E-07	5.92E-06
15#弱电间、强电间、污物暂存间、排风兼排烟机房	2.5	240mm 实心砖+12mm 环保高分子复合防辐射板	5.3	透视	6.85E-09	1.09E-06
				拍片	1.31E-07	2.09E-05
18#感染科大楼、血液透析中心、医院连廊、医疗废物暂存站	18	240mm 实心砖+12mm 环保高分子复合防辐射板	5.3	透视	6.85E-09	2.11E-08
				拍片	1.31E-07	4.04E-07
19#东苑路上的流动人群	32	240mm 实心砖+12mm 环保高分子复合防辐射板	5.3	透视	6.85E-09	6.69E-09
				拍片	1.31E-07	1.28E-07

(4) 关注点辐射剂量率综合分析

根据《外照射放射防护剂量转换系数标准》(WS/T 830-2024)由表G.1, 100kV (拍片) 数据为1.65, 由80kV和100kV插值算出90kV (透视) 下空气比释动能到周围剂量当量的转换系数为1.69, 则本项目各预测点最大辐射剂量率见下表。

表11-8 本项目各预测点最大辐射剂量率表

关注点位置	照射类型	转换前 ($\mu\text{Gy/h}$)				转换后 ($\mu\text{Sv/h}$)	备注
		主射	散射	漏射	汇总	综合剂量率	
1#主刀医生	透视	/	2.86E+01	1.63E+01	4.50E+01	7.60E+01	职业
2#助手医生	透视	/	2.86E+01	1.63E+01	4.50E+01	7.60E+01	职业
3#护士	透视	/	4.42E+01	2.52E+01	6.94E+01	1.17E+02	职业
4#操作室内技师	透视	/	4.04E-05	2.30E-05	6.34E-05	1.07E-04	职业
	拍片		1.69E-02	2.11E-04	1.71E-02	2.82E-02	

5#供应科值班室、办公室、库房、男女更衣室	透视	/	7.49E-07	4.27E-07	1.18E-06	1.99E-06	公众
	拍片		6.47E-04	8.17E-06	6.55E-04	1.08E-03	
6#机房北侧走道	透视	/	1.79E-04	1.02E-04	2.80E-04	4.74E-04	公众
	拍片		7.46E-02	9.35E-04	7.56E-02	1.25E-01	
7#无菌间和污物间内的工作人员	透视	/	3.29E-04	1.87E-04	5.16E-04	8.72E-04	公众
	拍片		1.37E-01	1.72E-03	1.39E-01	2.29E-01	
8#临空、空气能热水器设备露天场所	透视	/	5.31E-06	3.02E-06	8.33E-06	1.41E-05	公众
	拍片		4.58E-03	5.78E-05	4.64E-03	7.65E-03	
9#复苏室内的人员	透视	/	2.86E-04	1.63E-04	4.49E-04	7.60E-04	公众
	拍片		1.20E-01	1.50E-03	1.21E-01	2.00E-01	
10#设备间内的人员	透视	/	5.31E-06	3.02E-06	8.33E-06	1.41E-05	公众
	拍片		4.58E-03	5.78E-05	4.64E-03	7.65E-03	
11#3号楼梯及其无障碍电梯	透视	/	5.00E-07	2.85E-07	7.84E-07	1.33E-06	公众
	拍片		4.31E-04	5.44E-06	4.37E-04	7.20E-04	
12#CT室及其配套的操作系统内的工作人员、1号楼梯	透视	/	2.32E-07	1.32E-07	3.64E-07	6.14E-07	公众
	拍片		2.00E-04	2.52E-06	2.02E-04	3.34E-04	
13#CT值班室和输血科值班室及其配套的无菌用品间,以及放射科诊室内的人员	透视	/	1.07E-07	6.09E-08	1.68E-07	2.84E-07	公众
	拍片		9.22E-05	1.16E-06	9.34E-05	1.54E-04	
14#谈话室、护士站、患者等候区、电子阅览室、图书阅览室和医保科办公室内的人员	透视	/	5.43E-07	3.09E-07	8.52E-07	1.44E-06	公众
	拍片		4.68E-04	5.92E-06	4.74E-04	7.83E-04	
15#弱电间、强电间、污物暂存间、排风兼排烟机房	透视	/	1.92E-06	1.09E-06	3.01E-06	5.08E-06	公众
	拍片		1.65E-03	2.09E-05	1.67E-03	2.76E-03	
18#感染科大楼、血液透析中心、医院连廊、医疗废物暂存站	透视	/	3.71E-08	2.11E-08	5.82E-08	9.84E-08	公众
	拍片		3.20E-05	4.04E-07	3.24E-05	2.21E-05	
19#东苑路上的流动人群	透视	/	1.17E-08	6.69E-09	1.84E-08	3.11E-08	公众
	拍片		1.01E-05	1.28E-07	1.02E-05	1.03E-05	

由表 11-6 可知, 本项目介入手术室周围最大辐射剂量率为 $2.82E-02\mu\text{Sv/h}$, 低于《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 中规定的屏蔽体外 30cm 处辐射剂量率不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的规定。

(5) 关注点年辐射剂量分析

个人年最大有效剂量估算公式如下：

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

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，职业人员保守取1，公众保守取1/4、1/16。

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 ($\mu\text{Sv/h}$)	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
主刀医生	1#神经内科主刀医生	透视	7.60E+01	20.00	1	1.52E+00	1.52E+00	职业
	1#心血管内科主刀医生			19.44		1.48E+00	1.48E+00	
	1#神经外科主刀医生			20.84		1.58E+00	1.58E+00	
	1#血管外科主刀医生			10.00		7.60E-01	7.60E-01	
	1#肿瘤科主刀医生			1.46		1.11E-01	1.11E-01	
	1#肾病内科主刀医生			2.09		1.58E-01	1.58E-01	
	1#肝胆外科主刀医生			6.67		5.07E-01	5.07E-01	
助手医生	2#神经内科助手医生	透视	7.60E+01	20.00	1	1.52E+00	1.52E+00	职业
	2#心血管内科助手医生			19.44		1.48E+00	1.48E+00	
	2#神经外科助手医生			20.84		1.58E+00	1.58E+00	
	2#血管外科助手医生			10.00		7.60E-01	7.60E-01	
	2#肿瘤科助手医生			1.46		1.11E-01	1.11E-01	
	2#肾病内科助手医生			2.09		1.58E-01	1.58E-01	
	2#肝胆外科助手医生			6.67		5.07E-01	5.07E-01	

3#护士	透视	1.17E+02	36.09	1	4.22E+00	4.22E+00	职业
4#操作室内技师	透视	1.07E-04	180.42	1	1.93E-05	4.01E-04	职业
	拍片	2.82E-02	13.53	1	3.82E-04		
5#供应科值班室、办公室、库房、男女更衣室	透视	1.99E-06	180.42	1	3.59E-07	1.50E-05	公众
	拍片	1.08E-03	13.53	1	1.46E-05		
6#机房北侧走道	透视	4.74E-04	180.42	1	8.55E-05	1.78E-03	公众
	拍片	1.25E-01	13.53	1	1.69E-03		
7#无菌间和污物间内的工作人员	透视	8.72E-04	180.42	1	1.57E-04	3.26E-03	公众
	拍片	2.29E-01	13.53	1	3.10E-03		
8#临空、空气能热水器设备露天场所	透视	1.41E-05	180.42	1/16	1.59E-07	6.63E-06	公众
	拍片	7.65E-03	13.53	1/16	6.47E-06		
9#复苏室内的人员	透视	7.60E-04	180.42	1	1.37E-04	2.85E-03	公众
	拍片	2.00E-01	13.53	1	2.71E-03		
10#设备间内的人员	透视	1.41E-05	180.42	1	2.54E-06	1.07E-04	公众
	拍片	7.65E-03	13.53	1	1.04E-04		
10#3号楼梯及其无障碍电梯	透视	1.33E-06	180.42	1	2.40E-07	9.98E-06	公众
	拍片	7.20E-04	13.53	1	9.74E-06		
11#CT室及其配套的操作室内的工作人员、1号楼梯	透视	6.14E-07	180.42	1	1.11E-07	4.63E-06	公众
	拍片	3.34E-04	13.53	1	4.52E-06		
12#CT值班室和输血科值班室及其配套的无菌用品间,以及放射科诊室内的人员	透视	2.84E-07	180.42	1	5.12E-08	2.13E-06	公众
	拍片	1.54E-04	13.53	1	2.08E-06		
13#谈话室、护士站、患者等候区、电子阅览室、图书阅览室和医保科办公室内的人员	透视	1.44E-06	180.42	1	2.60E-07	1.09E-05	公众
	拍片	7.83E-04	13.53	1	1.06E-05		
14#弱电间、强电间、污物暂存间、排风兼排烟机房	透视	5.08E-06	180.42	1	9.17E-07	3.46E-05	公众
	拍片	2.76E-03	13.53	1	3.73E-05		

17#感染科大楼、血液透析中心、医院连廊、医疗废物暂存站	透视	9.84E-08	180.42	1/4	4.44E-09	7.92E-08	公众
	拍片	2.21E-05	13.53	1/4	7.48E-08		
18#东苑路上的流动人群	透视	3.11E-08	180.42	1/16	3.51E-10	9.06E-09	公众
	拍片	1.03E-05	13.53	1/16	8.71E-09		

注：护士负责介入手术前准备、手术后清理工作及根据各手术情况需要在术中配合跟台手术，根据医院反馈，实际手术中护士跟台手术情况较少，本次保守按照 DSA 的年透视总时间的 1/5 即 36.09h 计算年有效剂量。

由表 11-7 可知，本项目主刀医生最大有效剂量 1.58mSv/a，助手医生最大有效剂量 1.58mSv/a，护士最大有效剂量为 4.22mSv/a，技师最大有效剂量为 4.01E-04mSv。

(6) 关注点辐射剂量叠加情况

①个人剂量叠加

本项目医生、护士、技师均为医院辐射工作人员。本项目投运后，项目医生还参加院内其他辐射工作，工作量与现有辐射工作人员基本一致。根据上述计算，项目 DSA 脉冲透视对医生年有效剂量为 1.58mSv/a，叠加现状最大值 1.76mSv/a（参考医院现有开展介入手术相关辐射工作人员个人剂量检测报告中最大值，见附件 6）后，交叉工作的医生年有效剂量最大约为 3.34mSv，低于职业年剂量约束值 5mSv/a 的要求，护士和技师不从事其他 III 类射线装置的辐射工作，因此不存在个人剂量叠加。

②场所剂量叠加

介入手术室隶属麻醉手术中心，手术室西侧拟建 III 类射线装置 CT。根据医院规划要求该 CT 室屏蔽体不低于 2.5mm 铅当量，符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130—2020）对 CT 机房屏蔽防护铅当量厚度要求，同时参考类似射线装置现状监测数据，本次评价可认为经机房墙体、门屏蔽后，该 CT 机房内射线装置工作时对本项目影响可忽略不计。因此本次不考虑 III 类射线装置引起的贡献剂量值叠加。

(7) 小结

由上述计算可知，主刀医生及助手医生最大有效剂量 3.34mSv/a，护士最大有效剂量为 4.22mSv/a，技师最大有效剂量为 4.01E-04mSv，均低于本次评价确定的职业人员 5mSv/a 的年剂量约束值，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 剂量限值；介入手术室周围的公众最大

有效剂量为 3.26E-03mSv/a，低于本次评价确定的公众 0.1mSv/a 的年剂量约束值，也低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)规定的公众 1mSv/a 剂量限值。

医院应合理安排手术医生的人均手术量，控制手术医生的手术台数，每个季度对辐射工作人员个人剂量进行严格监督，辐射工作人员个人剂量单季度超过 1.25mSv、年超过5mSv事件的发生，若发现辐射工作人员有单季度超过1.25mSv的情况，医院应立即采取有效的管控措施，暂停该辐射工作人员继续从事的放射诊疗作业，同时进行原因调查，调整岗位安排等。

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

(8) 医生腕部皮肤受照剂量

手术医生和护士在介入手术室内进行介入手术时，会穿联体铅衣、戴介入防护手套、铅防护眼镜、铅橡胶颈套等防护用品，但是仍然有部分皮肤暴露在射线下受到照射，手术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，故以手术医生腕部定向剂量当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)中的公式估算手术室人员年皮肤吸收剂量：

$$H^*(0.07,0^\circ) = C_{ks}(\dot{k} \cdot t) \cdot 10^{-3} \dots\dots\dots (式 7)$$

式中： $H^*(0.07,0^\circ)$ —X 辐射场的定向剂量当量， μSv ；

\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)，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.4 中查得空气比释动能到皮肤吸收剂量的最大转换系数 $C_{ks}=1.134\text{mGy/mGy}$ ；

t—人员累积受照时间，h；

根据前述分析，医生操作时腕部距辐射源（非主射方向）的距离取 0.5m，按照主刀手术医生理论年最大工作时间 60.65h，其中有 1/5 的时间考虑 0.025mmPb 防护手套屏蔽防护，则该处的空气比释动能率为 6890 μ Gy/h，核算出医生腕部皮肤定向剂量当量为 94.8mSv；有 4/5 的时间考虑 0.025mmPb 防护手套和 0.5mmPb 铅帘屏蔽防护，则该处的空气比释动能率为 249.8Gy/h，，核算出医生腕部皮肤受到定向剂量当量剂量为 13.8mSv；则医生手术位腕部总定向剂量当量为 108.6mSv/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。

（9）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

介入手术室内采用多联机+新风系统，并配置一套独立的排风系统，风管均设置于吊顶内。排风量不低于 250m³/h，排风机同层吊顶安装，排风通过外墙的室外百叶排至室外，新风取风口与排风口在不同方向，间距不小于 10m。DSA 曝光过程中臭氧和氮氧化物产生量很小，经空气稀释后，对周围环境影响较小。

三、废水环境影响分析

本项目运行后，废水主要为辐射工作人员和患者产生的生活污水和少量医疗废水。处理措施：施工期废水、运营期医疗废水依托医院已建的污水管道和污水处理站（位于院内西南部，处理能力：1000m³/d，处理工艺为“一级处理+消毒”），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广元市市政污水处理厂处理，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，每年固体废物产生量约为 3000kg。这些医疗废物严格按国家《医疗废物管理条例》的要求分类暂存于医疗废物暂存间，统一收集后交由有相应资质的单位处置。

③工作人员产生的生活垃圾和办公垃圾不属于医疗废物，办公垃圾和生活垃圾产生量约 2.25t/a，医院按照当地管理部门要求，由市政环卫部门收集清运处置。项目产生固废均得到合理处置，不会对周围环境产生明显影响。

五、声环境影响分析

本项目噪声源主要为风机噪声，所有设备选用低噪声设备，最大源强不超过 50dB（A），均处于室内，通过建筑墙体隔声及距离衰减后，运行期间厂界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2 类标准要求。

环境影响风险分析

一、环境风险评价的目的

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

二、风险识别

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

①装置在运行时，介入手术人员在未采取任何防护的情况下位于非主射方向进行介入手术操作；手术过程中，人员误入或滞留在介入手术室内而造成非主射方向的误照射；

②医用射线装置在检修、维护等过程中，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。

三、源项分析及事故等级分析

本项目医用 X 射线装置主要的环境风险因子为工作时产生的 X 射线。按照中华人民共和国国务院 449 号令第四十条关于事故的分级原则现将项目的风险物质、风险因子、潜在危害及可能发生的事故等级列于表 11-10 中。

表 11-10 项目的环境风险物质、因子、潜在危害及事故等级表

环境风险因子	潜在危害	事故等级
X 射线	X 射线装置失控导致人员受超年剂量限值的照射	一般辐射事故
	X 射线装置失控导致 9 人以下(含 9 人)急性重度放射病、局部器官残疾	较大辐射事故
	X 射线装置失控导致 2 人以上(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	重大辐射事故
	X 射线装置失控导致 3 人以上(含 3 人)急性死亡	特别重大辐射事故

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 11-11。

表 11-11 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/症状	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
	重度	20.0Gy~50.0Gy
脑型急性放射病	出线共济失调现象、定向力和判断力障碍等征象	50Gy~100.0Gy
	意识丧失、死亡	100Gy

四、辐射事故分析

(1) 事故分析

本项目 DSA 设备运行时，拍片时间通常只有几秒，发生误照射的可能性很小，本次按照透视工况下进行误照射预测，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 11-12 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 $\mu\text{Gy/h}$	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)	5.4×10^6	散射
				1×10^3	漏射
2	公众误入介入手	误入人员	90kV/20mA (按透视)	5.4×10^6	散射

术室或未撤离	运行参数)	1×10 ³	漏射
--------	-------	-------------------	----

(2) 剂量估算

①手术期间可能发生的辐射事故情景

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。

则在不同距离，不同曝光时间（最大按 50min 手术时间计算），介入手术操作人员所受辐射剂量估算详见表 11-13。

表 11-13 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 (手术人员)	1.0	1.98E-01	1.13E-01	3.11E-01
	5	9.89E-01	5.63E-01	1.55E+00
	20	3.95E+00	1.13E+00	5.08E+00
	50	9.89E+00	2.23E+00	1.21E+01
1 (手术人员)	1.0	4.96E-02	2.82E-02	7.78E-02
	5	2.48E-01	1.41E-01	3.89E-01
	20	9.91E-01	2.82E-01	1.27E+00
	50	2.48E+00	5.58E-01	3.04E+00
1 (公众)	5	4.13E-03	2.35E-03	6.48E-03
	10	8.26E-03	4.70E-03	1.30E-02
	20	1.65E-02	9.40E-03	2.59E-02
	30	2.48E-02	1.17E-02	3.65E-02
2 (公众)	5	1.03E-03	5.87E-04	1.62E-03
	10	2.06E-03	1.17E-03	3.23E-03
	20	4.12E-03	2.35E-03	6.47E-03
	30	6.18E-03	2.93E-03	9.11E-03

②公众误入介入手术室或未撤离介入手术室的辐射事故情景

在装置运行时，公众误入介入手术室或未撤离介入手术室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（本项目手术床旁及操作室内设置有“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 11-13。

(3) 事故后果

①根据表 11-13 可知，本项目介入手术人员在不同位置随着时间的推移，非主射方向上最大可能受照剂量为 12.1mSv/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 11-13 可知，公众误入介入手术室或未撤离介入手术室，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 0.0365mSv/次，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的公众 1mSv/a 的剂量限值，不构成辐射事故。但在极端情况下，随着时间的推移，可能造成一般辐射事故。

综上所述，本项目射线装置一旦发生误照，应立即切断电源，停止射线装置出束。建设单位在管理中必须认真执行安全操作规程和各项规章制度，强化安全管理，杜绝此类事故发生。

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，人员误入或滞留在治疗介入手术室内而造成非主射方向的误照射。

应对措施：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介入手术室。本项目控制台上亦配置有紧急止动按钮，在紧急情况下可按动这类紧急按钮。

（2）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：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介入手术室。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。

（3）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，将病人撤出介入手术室，关闭介入手术室门，及时向医院主管领导和当地生态环境主管部门报告。

（4）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当发生辐射事故时，工作人员应立即切断电源，将病人撤出介入手术室，关闭介入手术室门，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

一、辐射安全与环境保护管理机构的设置

广元市第一人民医院已成立放射防护与辐射安全组织机构（见附件 5）。

（1）文件已包含内容：

①领导小组成员

组 长：王天勋（院长）

副组长：李筠（常务、工会主席），何东权（副院长），张耀武（副院长）
肖南平（副院长），母存富（副院长），马刚（副院长），李劲松（副院长）

成 员：李华萍（医学装备科临时负责人），杨俊华（公共卫生科科长）
寇旋（医务科副科长），赵丽（护理部主任）
杨敏（院办公室副主任），何燕（人力资源科科长）
宋苒（财务科长），高海龙（保卫科临时负责人）
罗冬（基建科临时负责人），刘德川（总务科科长）
黄文光（放射科主任），何伟（核医学科临时负责人）
孙飞（急诊科副主任），张莉（麻醉科副主任）
黄小俊（脊柱-创伤外科副主任），乔俊（关节-创伤外科-运动医学科主任）
陈均（心胸血管外科副主任），杨军成（口腔科副主任）
杨金平（肿瘤科副主任），张红军（内分泌科、老年病科主任）
张卫东（神经外科主任），熊兰（神经内科副主任）
董建军（重症医学科副主任），胡永奎（心内科三病区副主任）
刘盼（心内科二病区副主任），陈玺全（心内科一病区副主任）
监督员：王兴久（放射科技师），向彦萍（核医学科技术人员），
徐杨（肿瘤放疗中心物理师） 印彬晨（医学装备科维修人员）。

领导小组下设办公室在医学装备科，日常工作由医学装备科和公共卫生科负责，李华萍兼任办公室主任，杨俊华兼任办公室副主任，游浩、王紫菡任兼职管理员。

②领导小组工作职责

(一) 组长职责

1.对医院贯彻执行《放射诊疗管理规定》和《放射性同位素 与射线装置安全和防护条例》等相关法律法规的执行、落实许可、登记、监测制度等实施监督。

2.审定医院放射/辐射安全防护管理制度。

3.参与医院放射/辐射安全防护重大问题的研究和实施方案的审定,提出处理意见。

(二) 副组长职责

1.定期召开会议,讨论放射/辐射安全防护工作中存在的问题,提出持续改进意见,责任分工到人头。

2.对放射/辐射安全工作的立项、放射诊疗设备的引进以及防护用品的配置等进行论证,提出实施方案与计划,为医院领导决策提供科学依据。

(三) 组员职责

1.医学装备科临时负责人:负责全院放射/辐射安全防护工作的计划、总结、协调、检查,制定各项规章制度,收集信息、数据,制定改进措施,依照法规办理相关的许可登记手续。落实本院新建、改建、扩建放射诊疗项目的职业病危害放射防护评价、环境影响评价及验收工作。

2.医务科副科长:负责医疗照射诊疗管理,研究选择执行法规标准的适宜技术途径和措施,保证辐射装置在医疗工作中的使用安全,放射/辐射事故应急救治工作。

3.公共卫生科科长:负责放射工作人员个人剂量管理、防护培训管理和健康档案管理。

4.人力资源科科长:负责放射工作人员人事调动,制定津贴发放措施。

5.护理部主任:负责对从事放射工作的护理人员按护理执业资格进行管理。

6.基建科临时负责人:严格按照规定协同设备管理科做好新建、改建、扩建项目的“三同时”卫生审查。

7.保卫科科长:负责放射工作场所和放射诊疗设备及物品的安全管理。

8.各放射诊疗科室主任:负责本科室放射诊疗管理工作和业务工作的开展。

9.核医学科临时负责人:负责科内预防放射性污染及放射性物品管理,做好辐射安全防护等安全工作,严防差错事故。

(四) 办公室职责

负责全院放射/辐射安全防护工作的计划、总结、协调、检查、制定各项规章制度,

建立放射卫生档案，收集信息、数据，制定改进措施，制定放射事故应急预案演练计划并负责实施。

（五）兼职管理员职责

负责组织放射/辐射工作人员进行放射防护知识、法律、法规和标准的培训，上岗前、在岗期间、离岗人员的健康检查，进行个人剂量监测，建立放射工作人员健康档案，委托有资质的放射卫生技术服务机构每年定期对所有放射场所进行防护检测、所有放射诊疗设备进行性能检测，接受卫生监督机构执法检查。

（六）监督员职责

负责本科室放射诊疗工作的质量保证和安全防护。定期协助专职管理员对放射诊疗工作场所、放射性同位素储存场所和防护设施进行放射防护检测，保证辐射水平符合有关规定或者标准。

（2）需要完善的相关内容

根据医院辐射安全与环境保护管理领导小组机构文件，医院还需在以下几个方面对文件进行完善：

- ①补充领导小组日常办公地点、相关联系人电话；
- ②定期修订、检查辐射安全管理领导小组机构成员名单，确保领导小组的实效性；
- ③发生放射事故事件和个人剂量异常事件后，积极开展事故原因调查，并按照程序向生态环境主管部门报告；
- ④定期维护检查辐射工作场所安全设施设备，确保实时有效。

二、辐射工作岗位人员配置和能力分析

1、辐射工作岗位人员配置和能力现状分析

①本项目拟配置 18 名辐射工作人员，其中 16 名医生，1 名护士，1 名技师，均为医院新增辐射工作人员。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，实行白班单班制。

②医院现有辐射工作人员 205 人。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）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，本次调配从事本项目

II类射线装置使用活动的辐射工作人员18人，均需要参加辐射安全与防护的学习和考核。据调查，医院现有两名从事介入手术的辐射工作人员（见附件6）不符合从事II类射线装置使用培训要求，医院承诺尽快安排在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）学习相关知识并报名参加考核，成绩合格后再持证上岗。

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。

三、辐射安全档案资料管理和规章管理制度

本项目建设单位拟新增 DSA，涉及使用 II 类射线装置，根据《数字减影血管造影 X 射线装置(DSA) 监督检查技术程序》（生态环境部（国家核安全局）和《四川省核技术利用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。

序号	国家生态环境部	省生态环境厅	具体要求	对照分析
	制度名称	制度名称		
1	辐射安全与环境 保护管理机构	辐射安全与环境保 护管理机构和岗位 职责	应建立辐射安全管理机构或配备专 （兼）职管理人员，落实了部门和 人员全面负责辐射安全管理的具体 工作	已制定
2	辐射工作场所安 全管理规定	辐射工作场所安全 管理规定	辐射安全管理规定（生产、使用放 射性同位素的单位应包含辐射防护 与安全保卫相关内容，销售单位应 包含销售管理内容）；	已制定，工作场所 新建后执行相关 制度
3	辐射安全和防护 设施维护与维 修制度	辐射安全防护设施 维护维修制度	应定期检查辐射安全防护设施的有 效性	已制定
4	操作规程	辐射工作设备操作 规程	内容应包括涉及到的全部辐射活动 种类与范围	已制定，工作场所 新建后执行相关 制度
5	场所及环境监测 方案	辐射工作场所和环 境辐射水平监测方 案	每年委托有资质的单位进行 1 次场 所年度监测；平时应定期开展自我 监测，并做好记录；取得《许可证》 后 3 个月内完成验收监测。	需落实相关场所 新建后的监测方 案，并按要求实施

6	监测仪表使用管理制度	监测仪表使用与校验管理制度	需制定并落实监测仪表使用与校验管理制度	已制定
7	辐射工作人员培训/再培训制度	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。	已制定并落实
8	辐射工作人员个人剂量管理制度	辐射工作人员个人剂量管理制度	个人剂量监测周期为1次/季。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。	已制定并落实
9	/	辐射工作人员岗位职责	明细辐射工作人员岗位职责	已制定，工作场所新建后应执行相关制度
10	/	辐射事故预防措施及应急处理预案	核技术利用单位应根据《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。	已制定，工作场所新建后应上墙相关制度
11	/	放射性同位素和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，需增加本项目DSA新建后的台账信息
12	/	质量保证大纲和质量控制检测计划	使用放射性同位素和射线装置开展诊断和治疗的单位须制定质量保证大纲和质量控制检测计划，利用更精确的诊疗计划减少病患受到不必要的照射	已制定

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

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。

医院应按照相关要求，将《辐射事故应急响应程序》应悬挂于辐射工作场所。上墙制度的内容应体现现场操作性和实用性，字体醒目，尺寸大小应不小于400mm×600mm。

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。

四、档案管理

医院对相关资料进行了分类归档放置，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”，存放在医学装备科办公室。

五、辐射监测

1、工作场所监测

年度监测：医院每年应委托有资质的单位对辐射工作场所的剂量进行监测，监测周期为1次/年；年度监测报告应作为《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。

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

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

2、监测内容和要求

（1）监测内容：X- γ 空气吸收剂量率。

（2）监测布点及数据管理：本项目监测布点应参考环评提出的监测计划（表12-2）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，建立好监测数据台账以便核查。

表 12-2 工作场所监测计划建议

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	应自行或委托有能力的监测机构对工作场所运行工况下周围环境的辐射水平进行监测，监测频次应不少于1次/年；建议每季度对辐射工作场所开展辐射环境自行监测	铅窗及与墙接缝处，操作位，防护门及门缝，管线穿墙孔洞，机房四周，正上方区域，正下方区域，50m评价范围内需要关注的敏感点等。

(3) 监测范围：控制区和监督区域及周围环境

(4) 监测质量保证

①落实监测仪表使用、校验管理制度，并利用监测单位的监测数据与医院监测仪器的监测数据进行比对，建立监测仪器比对档案；或委托有资质的单位对监测仪器进行检定/校准；

②采用国家颁布的标准方法或推荐方法，其中自我监测可参照有资质的监测机构出具的监测报告中的方法；

③完善辐射工作场所环境监测管理制度。

此外，医院需定期和不定期对辐射工作场所进行监测，随时掌握辐射工作场所剂量变化情况，发现问题及时维护、整改。做好监测数据的审核，制定相应的报送程序，监测数据及报送情况存档备查。

3、个人剂量检测

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

(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；采取防护措施减少或者避免过量照射；若全年个人累计剂量检测数值超过5mSv，医院应当立即暂停该辐射工作人员继续从事放射诊疗作业，同时进行原因调查，撰写正式调查报告，经本人签字确认后通过年度评估报告上报发证机关；当单次个人累积剂量检测数值超过20mSv，应立即开展调查并报告辐射安全许可证发证机关，启动辐射事故处置程序。

个人剂量检测报告及有关调查报告均应存档备查。

(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），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。

(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、职业健康体检、个人剂量检测结果等材料。医院应将辐射工作人员的个人剂量档案终身保存。

(5) 医院须严格按照《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)的要求配发个人剂量计，要求辐射工作人员正确配戴个人剂量计，每季度由专人负责回收后交由有资质的检测单位进行检测，按照要求建立个人剂量档案，并将个人剂量档案终生保存。

六、项目竣工验收

1、环保验收时间

根据《建设项目环境保护管理条例》规定，建设项目需要配套建设的环保设施，必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。本项目竣工后，建设单位应根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》(国环规环评[2017]4号)相关规定编制验收调查表。《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》(国环规环评[2017]4号)相关规定摘录：

第十一条 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) 建设项目配套建设的环境保护设施竣工后，公开竣工日期；
- (2) 对建设项目配套的环境保护设施进行调试前，公开调试的起止日期；
- (3) 验收报告编制完成后5个工作日内，公开验收报告，公示期限不得少于20个工作日。

第十二条 本工程环境保护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，验收期限可以适当延期，但最长不超过12个月。

验收期限是指自建设项目环境保护设施竣工之日起至建设单位向社会公开验收报告之日止的时间。

2、验收要求

由建设单位或其委托的有能力的技术机构编制本工程的竣工环境保护验收调查表，建设单位应当根据调查结论，逐一检查是否存在验收不合格的情形，提出验收意见。如存在问题，建设单位应当进行整改，整改完成后方可提出验收意见。对建设单位的其他要求如下：

(1) 为提高验收有效性，在提出验收意见过程中，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、环境影响报告表编制机构、验收调查报告表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。

(2) 建设单位在“其他需要说明的事项”中应当如实记载环境保护设施设计、施工和验收过程简况、环境影响报告表及其审批部门审批决定中提出的除环境保护设施外的其他环境保护对策措施的实施情况，以及整改工作情况等。

(3) 相关地方政府或者政府部门承诺负责实施与环境保护对策措施，建设单位应当积极配合地方政府或部门在所承诺的时限内完成，并在“其他需要说明的事项”中如实记载前述环境保护对策措施的实施情况。

(4) 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。

(5) 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 (<http://kjs.mee.gov.cn/hjbhbz/bzwb/other>)。

(6) 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。

(7) 验收报告公示期满 5 个工作日内，建设单位应当登录全国建设项目竣工环境保护验收信息平台 (<https://cepc.lem.org.cn/#/login>)，填报建设项目基本信息、环境保护设施验收情况等相关信息，环境保护主管部门对上述信息予以公开。建设单位应当将验收报告以及其他档案资料存档备查。

本工程竣工环境保护验收清单（建议）见表12-4：

表 12-4 项目环保竣工验收清单（建议）

验收内容	验收要求
环保文件	环评批复、验收监测报告等齐全
年有效剂量控制	放射工作人员年有效剂量 $<5\text{mSv}$ ，介入手术室外公众成员年有效剂量 $<0.1\text{mSv}$
人员要求	放射工作人员均持证上岗，且5年进行1次复训
剂量率控制	介入手术室四周墙体外30cm处、防护门外30cm处、观察窗外30cm处、操作台、介入手术室外电缆穿越处，介入手术室正上方距地面1.0m处，周围剂量当量率不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。
设备数量	1台DSA（最大管电压125kV，最大管电流1000mA）
监测仪器和个人防护用	个人剂量计 18 套
	个人剂量报警仪 3 台

品	便携式辐射剂量监测仪 1 台
	医护：铅衣 3 套、铅橡胶颈套 3 套、铅防护眼镜 3 副、介入防护手套 3 双、铅橡胶帽子 3 个
	患者：铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾 1 套、铅橡胶颈套 1 套、铅橡胶帽子 1 个
辐射安全防护措施	门灯联锁装置及工作状态指示灯箱 2 套
	电离辐射警告标志 2 个
	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）
	对讲系统 1 台
	紧急制动装置 1 套
	闭门装置（平开门）2 套/防夹装置（推拉门）2 套
辐射安全管理	健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、年度评估制度等
其他	新风、排风设施各 1 套

3、验收依据

验收时依据《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素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）《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》《建设项目环境保护管理条例》《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》等法律和标准，对照本项目环境影响报告表验收。

七、年度监测报告情况

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

八、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：组织机构人员组成与职责，辐射事故应急响应机制与程序，应急保障，培训及演练等。

(2) 本项目辐射事故应急预案可行性分析

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

①增加环境风险因子、潜在危害、事故等级等内容。

②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。

③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。

④在预案的实施中，应根据国家发布新的相关法规内容，结合医院实际及时对预案作补充修改，使之更能符合实际需要。

2、应急措施

若本项目发生了辐射事故，项目单位应迅速、有效的采取以下应急措施：

(1) 发现误照射事故时，工作人员应立即切断电源，将病人撤出介入手术室，关闭防护门，同时向医院主管领导报告。

(2) 医院根据估算的超剂量值，尽快安排误照人员进行检查或在指定的医疗机构救治；对可能受放射损伤的人员，应立即采取暂时隔离和应急救援措施。

(3) 事故发生后的2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向生态环境主管部门公安部门报告。造成或可能造成超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

(4) 最后查清事故原因，分清责任，消除事故隐患。

表 13 结论与建议

结论

一、项目概况

项目名称：新建1台数字减影血管造影装置（DSA）

建设单位：广元市第一人民医院

建设性质：新建

建设地点：第二住院楼1层

本次评价内容及规模为：据医院提供的改造方案，拟对第二住院大楼 1 层（-1F/12F），以门厅为中线的右侧全部区域进行医疗用房改造。本次改造涉及收费室、值班室、办公区、湿库、干库、血液透析大厅等原有区域；本次评价范围主要涉及介入手术室及其配套用房：包括男女更衣室、库房、复苏室、谈话室、走道、设备室、无菌间、污物间、介入手术室等。

拟在介入手术室内使用 1 台数字减影血管造影装置（型号待定，其最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA），出束方向由下向上，属于 II 类射线装置，年手术台数 1500 例，设备年累计最大出束时间约 193.95h（其中拍片 13.53h，透视 180.42h），主要用于血管造影、介入治疗等。。

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）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“医疗卫生服务设施建设”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

三、本项目选址合理性分析

医院外环境比较单一，周围主要为交通道路和居民住宅，交通便捷，有利于医院和外界联系。项目选址城市基础配套设施完善，给排水等市政管网完善，电力电缆等埋设齐全，为项目建设提供良好条件。

根据医院提供的相关设计资料，介入手术室位于第二住院楼1楼，介入手术室最大限度的避开了人流量较大的门急诊，有利于减少对公众的影响。本项目为医院配套建设项目，本项目涉及的介入手术室为专门的辐射工作场所，建成后有良好的实体屏蔽

设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽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

本项目所在区域X- γ 辐射剂量率为65nGy/h~79nGy/h，与四川省生态环境厅发布《2024年四川省生态环境状况公报》中2024年广元市辐射环境自动监测站实时连续监测空气吸收剂量率分布示意图范围（70~100nGy/h）基本一致，属于正常天然本底辐射水平。

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

主刀医生最大有效剂量 3.34mSv/a，助手医生最大有效剂量 3.34mSv/a，护士最大有效剂量为 4.22mSv/a，技师最大有效剂量为 4.01E-04mSv，均低于本次评价确定的职业人员 5mSv/a 的年剂量约束值，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 剂量限值；介入手术室周围的公众最大有效剂量为 3.26E-03mSv/a，低于本次评价确定的公众 0.1mSv/a 的年剂量约束值，也低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的公众 1mSv/a 剂量限值。

综上所述，本项目工作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。从上述结果可以看出，本项目辐射工作场所的墙体、防护门窗满足辐射防护的要求。

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，应认真贯彻落实，以减少和避免发生辐射事故与突发事件。

七、环保设施与保护目标

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

八、医院辐射安全管理的综合能力

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

九、项目环保可行性结论

在坚持“三同时”的原则，采取切实可行的环保措施，落实本报告提出的各项污染防治措施后，本评价认为项目在广元市第一人民医院第二住院楼1层建设，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

- 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、相关管理人员到生态环境部网上免费学习考核平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）中进行辐射安全与防护专业知识的学习，考核通过后方能继续上岗。
- 4、本项目配套建设的环境保护设施竣工后，及时办理《辐射安全许可证》，并在取得《辐射安全许可证》3个月内完成本项目自主验收。
- 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。