

JXHG(62)-2022008

核技术利用建设项目

甘肃省肿瘤医院 DSA 应用项目

环境影响报告表

甘肃省肿瘤医院

二〇二三年二月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

甘肃省肿瘤医院 DSA 应用项目

环境影响报告表

建设单位名称：甘肃省肿瘤医院

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：甘肃省兰州市七里河区小西湖东街 2 号

邮政编码：730050

联系人：张志勇

电子邮箱：307906763@qq.com 联系电话：18009409386

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	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	20
表 9 项目工程分析与源项	26
表 10 辐射安全与防护	31
表 11 环境影响分析	36
表 12 辐射安全管理	52
表 13 结论与建议	63
表 14 审批	67

附图：

附图 1、地理位置示意图；

附图 2、外环境位置关系示意图；

附图 3、医院门诊住院综合楼（住院一部）地下 1 层示意图；

附图 4、项目工作场所改造前、后布置示意图；

附图 5、项目评价范围示意图；

附图 6、项目工作场所路径规划及辐射防护分区管理示意图；

附图 7、项目排风系统排风口位置示意图；

附图 8、项目拟建场地现状情况。

附件：

附件 1、委托书；

附件 2、基础材料真实性承诺书；

附件 3、辐射安全许可证；

附件 4、监测报告。

表 1 项目基本情况

建设项目名称		甘肃省肿瘤医院 DSA 应用项目			
建设单位		甘肃省肿瘤医院			
法人代表	郝明	联系人	张志勇	联系电话	18009409386
注册地址		甘肃省兰州市七里河区小西湖东街 2 号			
项目建设地点		甘肃省兰州市七里河区小西湖东街 2 号甘肃省肿瘤医院门诊住院综合楼（住院一部）地下 1 层 DSA1 室			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）	1200	环保投资（万元）	26	投资比例	2.17%
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input checked="" type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他		占地面积（m ² ）	/
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类（医疗使用） <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<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	/			
	1.1 建设单位情况				
<p>甘肃省肿瘤医院（下简称：医院）始建于 1972 年，是集医疗、科研、教学、肿瘤防治、康复、卫生信息化为一体，面向西北地区最大的医学科研及肿瘤专业防治机构。医院承担着甘肃省肿瘤发病普查、诊治、预防、医学基础及临床研究、肿瘤专业人才培养、大专院校教学实习和研究生培养等任务。现有省肿瘤研究所、省医学情报所（卫生部医药卫生科技项目查新咨询单位）、《甘肃医药》编辑部、省肿瘤防办、省抗癌协会、省健康相关产品毒理检验机构、省止痛中心、省乳腺病诊治中心、省放射治疗研究中心、爱德甘肃流动医院、卫生专业考试甘肃考区兰州（西）考点办等省级机构。</p>					

1.2 核技术利用项目的任务和由来

为了提高医院介入治疗水平，满足患者的就诊需求，医院计划使用 Artis Q.Zen Ceiling 型医用血管造影 X 射线机 1 台，用于替换已报废的 CGO-2100C 型血管造影用 X 射线装置，开展放射诊断工作。

根据《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》、《建设项目环境保护管理条例》规定，项目在建设前需开展环境影响评价工作。按照《关于发布<射线装置分类>的公告》要求，Artis Q.Zen Ceiling 型医用血管造影 X 射线机属于 II 类射线装置。依据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年）》要求，使用 II 类射线装置应编制环境影响报告表。

为此，医院委托江西省地质局实验测试大队（下简称：我单位）开展项目环境影响报告表的编制工作，委托书见附件 1。我单位接受委托后，组织人员开展现场踏勘、资料收集工作。在此基础上，按照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）要求，编制完成环境影响报告表。

1.3 项目概况

1.3.1 建设内容

项目使用 Artis Q.Zen Ceiling 型医用血管造影 X 射线机 1 台，用于替换已报废的 CGO-2100C 型血管造影用 X 射线装置，开展放射诊断工作。Artis Q.Zen Ceiling 型医用血管造影 X 射线机最大管电压 125kV、最大管电流 1000mA，属于 II 类射线装置。项目射线装置主要技术参数见表 1-1。

表 1-1 项目射线装置主要技术参数

射线装置名称	型号	类别	数量	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)
医用血管造影 X 射线机	Artis Q.Zen Ceiling	II	1	125	1000

项目建设场地位于医院门诊住院综合楼（住院一部）地下 1 层 DSA1 室。项目利用医院门诊住院综合楼(住院一部)地下 1 层 DSA1 室，作为项目 Artis Q.Zen Ceiling 型医用血管造影 X 射线机的安装场所；为优化场所布局，在介入手术室西北角增设污物门及污物通道。项目工作场所布局改造后，主要由介入手术室、操作间、设备机房、缓冲区、污物通道等组成。

项目保留 DSA1 室原有辐射防护措施，在顶面增加 2mm 铅板进行防护，改造

新增污物通道门设计采用 4mm 铅板进行防护。

1.3.2 项目组成及主要环境影响因素

项目组成及主要环境影响因素见表 1-2。

表 1-2 项目组成及主要环境影响因素

工程名称	项目内容	主要环境影响因素	
		施工期	运行期
主体工程	项目建设场地位于医院门诊住院综合楼（住院一部）地下 1 层 DSA1 室。项目利用 DSA1 室布局，在 DSA1 室西北角增设污物门及污物通道。项目工作场所主要由介入手术室、操作间、设备机房、缓冲区、污物通道等组成。	噪声、固废、扬尘、废水	X 射线、O ₃ 、NO _x 、废水、固废
环保工程	废气处理设施 项目利用介入手术室原有排风装置。	/	
	防护工程 项目保留 DSA1 室原有辐射防护措施，在顶面增加 2mm 铅板进行防护，改造新增污物通道门设计采用 4mm 铅板进行防护。项目 DSA1 室原有辐射防护措施如下：介入手术室四周墙体为 240mm 砖混结构，抹 40mm 硫酸钡水泥；介入手术室顶面为 150mm 钢筋混凝土结构；介入手术室地面为 150mm 钢筋混凝土结构，抹 30mm 硫酸钡水泥（ $\rho=2.79\text{g/cm}^3$ ）；介入手术室观察窗铅当量为 4mmPb，介入手术室各防护门采用 4mm 铅板作为防护材料。		
依托工程	公用工程 项目供电、给水、排水等依托医院现有设施。		
	辅助工程 办公及生活设施依托医院现有设施。		
	废水、固废处理设施 废水、医疗废物、生活垃圾等依托医院现有设施。		

1.3.3 劳动定员

项目计划配备 7 名工作人员，由 4 名医师、2 名护师、1 名技师组成，均为介入治疗科工作人员，已通过辐射安全与防护培训考核。项目建成后，项目工作人员兼有参与介入治疗科 ARTIS ZEE 型血管造影用 X 射线装置。

表 1-3 劳动定员

姓名	岗位	科室	辐射安全与防护考核情况	有效期至
张志勇	医师	介入治疗科	FS22GS0100001	2027 年 05 月 09 日
雷洁琼	医师	介入治疗科	FS22GS0100002	2027 年 05 月 09 日
王兴东	医师	介入治疗科	FS22GS0100003	2027 年 05 月 09 日
李正果	医师	介入治疗科	FS22GS0100004	2027 年 05 月 09 日

马小斌	技师	介入治疗科	FS22GS0100005	2027年05月09日
窦磊英	护师	介入治疗科	FS22GS0100006	2027年05月09日
魏晓倩	护师	介入治疗科	FS22GS0100007	2027年05月09日

1.4 项目地理位置及外环境关系

1.4.1 地理位置

兰州位于中国西北部、甘肃省中部，市中心位于北纬 36°03′、东经 103°40′，北与武威市、白银市接壤，东与定西市接壤、南与临夏回族自治州接壤，总面积 13085.6km²。

项目位于兰州市七里河区小西湖东街 2 号。该地点紧邻西津东路、南滨河路，与兰州市主要城区均有快速路相连，交通便利。地理位置见附图 1。

1.4.2 外环境关系

医院东侧是医院家属院，南侧是西津东路，西侧是小西湖东街，北侧是西湖北街棚户区改造工地，外环境位置关系情况见附图 2。

1.4.3 项目工作场所位置及周围情况

项目建设场地位于医院门诊住院综合楼（住院一部）地下 1 层 DSA1 室，医院门诊住院综合楼（住院一部）地下 1 层平面布置情况见附图 3。

项目改造后，项目介入手术室东侧是操作间，南侧是洁净走廊、走廊（普通走廊），西侧是走廊（普通走廊），北侧是缓冲区、设备机房、污物通道，场所底部外是地下停车场，场所顶部外是门诊药房。项目工作场所改造前、后场所布置情况见附图 4。

1.5 产业政策分析

按照《产业结构调整指导目录（2021 年本）》要求，项目属于鼓励类中医药行业“新型医用诊断设备和试剂、数字化医学影像设备，人工智能辅助医疗设备，高端放射治疗设备，电子内窥镜、手术机器人等高端外科设备，新型支架、假体等高端植入介入设备与材料及增材制造技术开发与应用，危重病用生命支持设备，移动与远程诊疗设备，新型基因、蛋白和细胞诊断设备”项目，符合国家产业政策。

1.6 利益代价分析

1.6.1 利益分析

（1）经济效益

在 Artis Q.Zen Ceiling 型医用血管造影 X 射线机的引导下，医护人员利用穿刺针、导管及其他介入器材，将特定的器械导入人体病变部位进行微创治疗。因此，介入治疗具有准确、安全、高效、适应证广、并发症少等优点，已成为一些疾病的首选治疗方法，在临床上得到广泛的应用。项目建成后，可继续为周边地区广大群众提供介入治疗，具有显著的经济效益。

(2) 社会效益

随着我国社会经济的迅速发展，人民生活水平逐渐提高，医疗卫生条件也得到了进一步改善。介入治疗在临床上得到广泛应用，就诊人数逐年增加。项目建成后，有利于推动区域介入治疗临床应用的发展，满足区域群众就诊需求，提高区域医疗水平，对保障健康、拯救生命起了十分重要的作用，具有显著的社会效益。

因此，项目可以实现经济效益、社会效益的协调发展。

1.6.2 代价分析

(1) 环境代价

项目使用Artis Q.Zen Ceiling型医用血管造影X射线机属于II类射线装置，项目运行将产生一定辐射环境影响。项目工作场所采取一系列辐射安全与环境保护措施，通过预测分析，项目运行对环境造成的辐射影响可以满足相关标准要求。

(2) 个人剂量

项目运行对工作人员及公众造成一定的剂量照射。通过预测分析，项目正常运行致工作人员及公众年有效剂量，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）关于剂量限值要求和评价提出的剂量约束值要求。此外，针对项目可能导致的一般辐射事故，医院已经制定了辐射事故应急预案，成立了应急组织机构，减少辐射事故带来的危害。

(3) 环保投资

项目总投资为 1200 万元，环保投资 26 万元，环保投资占总投资比例为 2.17%。

表 1-4 环保投资表

环保投资项目		投资内容	投资金额 (万元)
辐射安全与环境保护措施	辐射防护措施	在介入手术室西北角增设污物门及污物通道。	5.5
	辐射安全措施	闭门装置、电离辐射警告标志及指示灯、观察窗等措施。	12.5
	个人防护用品	项目计划配备铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套等工作人员个人防护用品各4件，介入防护手套铅当量0.025mmPb，其他个人防护用品铅当量	7

		0.5mmPb；计划配备铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套等受检者（成人及儿童）个人防护用品各1件，铅当量0.5mmPb；计划为陪检者配备铅橡胶防护衣1件。	
	监测仪表	X-γ辐射监测仪 1 台。	1
合计			26

1.6.3 利益代价分析

项目建成后，可继续为周边地区广大群众提供介入治疗，有利于推动区域介入治疗临床应用的发展，满足区域群众就诊需求，提高区域医疗水平，对保障健康、拯救生命起了十分重要的作用，具有显著的社会效益和经济效益。项目在采取一系列辐射安全与环境保护措施的前提下，大大减轻项目对环境造成的不利影响。

综上所述，项目在落实辐射安全与环境保护措施后，可以实现经济效益、社会效益的协调发展。因此，项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践正当性”要求。从利益代价角度分析，项目的建设是可行的。

1.7 医疗照射正当性分析

参考《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）第 4.2 节关于正当性要求。医疗照射应有足够的净利益，在能取得相同净利益的情况下，应尽可能采用非医疗照射的替代方法，在无替代方法时也应权衡利弊，判断医疗照射给接受诊断或治疗的个人或社会所带来的利益大于可能引起的辐射危害时，医疗照射才是正当的。根据诊疗目的和受照人员特征对每一项医疗照射实践进行正当性判断。如果某一项医疗照射通常被判定为非正当性，在特殊情况下又需要使用时，应逐例进行正当性判断。执业医师和有关医技人员应尽可能使用与计划照射相关的受检者先前已有的诊断信息和医学记录，避免不必要的重复照射。群体检查使公众所获得的利益足以补偿在经济和社会方面所付出的代价（包括辐射危害）时，这种检查才是正当的。加强对孕妇和可能怀孕妇女的诊断性医疗照射进行正当性判断，特别是腹部和骨盆检查；只有在临床上充分理由要求，才能对已怀孕或可能怀孕的妇女进行会引起其腹部或骨盆受到照射的放射学检查，否则应避免此类照射。严格对儿童的诊断性医疗照射进行正当性判断。

1.8 与“三线一单”符合性分析

1.8.1 与甘肃省“三线一单”生态环境分区管控的意见符合性分析

根据《甘肃省人民政府关于实施“三线一单”生态环境分区管控的意见》（甘政发〔2020〕68号），全省共划定环境管控单元842个，分为优先保护单元、重点管控单元和一般管控单元三类，实施分类管控。

优先保护单元。共491个，主要包括生态保护红线、自然保护地、集中式饮用水水源保护区等生态功能重要区和生态环境敏感区。该区域严格按照国家生态保护红线和省级生态空间管控区域管理规定进行管控。依法禁止或限制大规模、高强度的工业开发和城镇建设，严禁不符合国家有关规定的各类开发活动，确保生态环境功能不降低。

重点管控单元。共263个，主要包括中心城区和城镇规划区、各级各类工业园区及工业集聚区等开发强度高、环境问题相对集中的区域。该区域是经济社会高质量发展的重要承载区，主要推进产业结构和能源结构调整，优化交通结构和用地结构，不断提高资源能源利用效率，加强污染物排放控制和环境风险防控，解决突出生态环境问题。

一般管控单元。共88个，主要包括优先保护单元、重点管控单元以外的区域。该区域以促进生活、生态、生产功能的协调融合为主要目标，主要落实生态环境保护基本要求，加强生活污染和农业面源污染治理，推动区域生态环境质量持续改善和区域经济社会可持续发展。

生态环境分区管控单元根据生态保护红线和相关生态功能区域评估调整进行优化。

项目建设地点位于兰州市七里河区小西湖东街2号，处于重点管控单元。根据污染源项描述分析，项目主要污染因子主要为X射线、臭氧和氮氧化物，项目设计采取一系列辐射安全与环境保护措施，项目运行后不会对水体、大气、土壤等造成污染。项目建设不影响该单元的管控目标。

因此，项目建设符合《甘肃省人民政府关于实施“三线一单”生态环境分区管控的意见》（甘政发〔2020〕68号）的要求。

1.8.2 与兰州市“三线一单”符合性分析

根据《兰州市人民政府关于实施“三线一单”生态环境分区管控的意见》（兰政发〔2021〕31号），全市共划定环境管控单元71个，分为优先保护单元、重点管控单元和一般管控单元三类，实施分类管控。

环境管控单元划分。环境管控单元包括优先保护、重点管控和一般管控单元三类。优先保护单元包括生态空间（含生态保护红线）和水环境优先保护区、大气环境优先保护区。重点管控单元包括城镇、工业园区（集聚区），人口密集、资源开发强度大、污染物排放强度高的区域。一般管控单元指优先保护单元和重点管控单元之外的其他区域。兰州市共划定综合环境管控单元 71 个，其中优先保护单元 29 个，重点管控单元 34 个，一般管控区 8 个。

生态环境准入清单。以环境管控单元为基础，结合“三线”划定情况，从空间布局约束、污染物排放管控、环境风险防控和资源利用效率等方面明确准入、限制和禁止的要求，建立“1+71”生态环境准入清单管控体系。“1”为全市生态环境分区管控意见，包括环境管控单元划定结果、生态环境管控基本要求；“71”为全市落地的环境管控单元生态环境准入清单。

分区环境管控要求。优先保护单元应加强空间布局约束，重点针对水环境、大气环境、生态保护红线区和其他优先保护区提出正面清单、禁入要求和退出方案。重点管控单元应从加强污染物排放管控、环境风险防控和资源开发利用效率等方面，重点提出水、大气污染防治措施、建设项目禁入清单、土壤污染风险防控措施和治理修复要求、水资源、土地资源和能源利用控制要求等。一般管控单元按照现有环境管理要求，结合相关最新政策进行管控。

项目建设地点位于兰州市七里河区小西湖东街 2 号，处于重点管控单元。根据污染源项描述分析，项目主要污染因子主要为 X 射线、臭氧和氮氧化物，项目设计采取一系列辐射安全与环境保护措施，项目运行后不会对水体、大气、土壤等造成污染。项目建设不影响该单元的管控目标。

因此，项目建设符合《兰州市人民政府关于实施“三线一单”生态环境分区管控的意见》（兰政发(2021) 31 号）的要求。

1.8.3 与兰州市生态环境准入清单符合性分析

根据《兰州市区域空间生态环境评价工作协调领导小组办公室文件关于印发〈兰州市生态环境准入清单〉的通知》，项目位于兰州市七里河区境内，处于七里河区城镇空间重点管控单元（环境管控单元编码：ZH62010320002）内，项目与七里河区城镇空间重点管控单元生态环境准入清单符合性分析，见表 1-5。

表 1-5 项目与七里河区城镇空间重点管控单元符合性分析

管控维度	管控要求	项目情况	符合性
空间布局约束	执行兰州市总体准入要求中重点管控单元的空间布局约束要求。	项目满足准入要求。	符合
污染物排放管控	1、执行兰州市总体准入要求中重点管控单元的污染物排放管控要求。 2、大力推进城市建成区汽车维修行业 VOCs 专项整治；推广 VOCs 含量低的涂料、溶剂等原辅材料，从源头上减少 VOCs 污染排放。 3、严格控制扬尘污染。加强机动车排气污染治理。非道路移动机械不得超过标准排放大气污染物。 4、加强城镇生活污水收集处理率，整治黑臭水体。 5、对于水环境质量不达标的管控单元：应提出现有源水污染物排放削减计划和水环境容量增容方案；应对涉及水污染物排放的新建、改扩建项目提出倍量削减要求；应基于水质目标，提出废水循环利用和加严的水污染物排放控制要求。 6、对于未完成区域环境质量改善目标要求的管控单元：应提出暂停审批涉水污染物排放的建设项目等环境管理特别措施。严防废水污水超标排放。	1、项目满足准入要求。 2、不涉及。 3、不涉及。 4、项目工作人员产生的少量生活污水，经医院污水处理设施处理后，接入市政污水管网。 5、项目工作人员均为医院介入治疗科原有职工，不新增工作人员，不增加生活污水产生量。 6、不涉及。	符合
环境风险防控	1、执行兰州市总体准入要求中重点管控单元的环境风险防控要求。 2、应制定完善重大污染事件应急预案，建立重污染天气监测预警体系，加强风险防控体系建设。强化应急物资储备和救援队伍建设，完善应急预案，加强风险防控体系建设。	1、项目满足准入要求。 2、不涉及。	符合
资源利用效率要求	1、执行兰州市总体准入要求中重点管控单元的资源利用效率要求。 2、在禁燃区内，禁止使用、销售高污染燃料。	1、项目满足准入要求。 2、不涉及。	符合

通过分析，项目符合兰州市生态环境准入清单要求。

1.9 城市总体规划符合性分析

项目建设地点位于兰州市七里河区小西湖东街 2 号甘肃省肿瘤医院门诊住院综合楼（住院一部）地下 1 层。项目不涉及基础工程及设施建设，仅对现有场所局部进行拆改，不新增占地面积、建筑面积，不改变场所用途。根据《兰州市中心城区控制性详细规划》，项目所在区域占地类型为医疗卫生用地，项目的建设符合国家土地利用政策，符合兰州市总体规划。

1.10 原有核技术利用项目情况

1.10.1 原有核技术利用项目

目前，医院持有甘肃省生态环境厅颁发的辐射安全许可证（甘环辐证[A0106]），

有效期至 2023 年 12 月 04 日。许可使用 I 类放射源、III类放射源、II 类射线装置、III类射线装置、非密封放射性物质及乙级非密封放射性物质工作场所。医院原有核技术利用项目情况见表 1-6、表 1-7、表 1-8。

表 1-6 原有射线装置情况

装置名称	型号	类别	数量	活动种类	工作场所	环评情况	验收情况
X射线摄影装置	Discovery XR650	III类	1	使用	住院一部 2 层放射科	甘环开发(2007)142号	正在开展验收中
医学影像用CT机	Brilliance 64	III类	1	使用	住院一部 2 层放射科		
乳腺X射线装置	MAMMO	III类	1	使用	住院一部 2 层放射科		
胃肠X射线装置	CMT Smart SPOT PrimaX	III类	1	使用	住院一部 2 层放射科		
医用加速器	Primus	II类	1	使用	住院一部 1 层放疗科		
医用加速器	Varian600C/D	II类	1	使用	住院一部地下 2 层放疗科		
医用加速器	Synergy	II类	1	使用	住院一部地下 2 层放疗科		
医用加速器	BJ-6B	II类	1	使用	住院一部 1 层放疗科		
放射治疗模拟定位装置	BMD-2	III类	1	使用	住院一部 1 层放疗科		
放疗CT模拟定位机	ASTEION4	III类	1	使用	住院一部地下 1 层放疗科		
SPECT/CT	Discovery VH	III类	1	使用	住院一部 1 层核医学科		
血管造影用X射线装置	ARTIS ZEE	II类	1	使用	住院一部地下 1 层介入治疗科		
血管造影用X射线装置	CGO-2100C ^①	II类	1	使用	住院一部地下 1 层介入治疗科		
医用X射线C臂机	BV LibraS1721	III类	1	使用	住院一部 4 层手术室		
医学影像用CT机	AR Star	III类	1	使用	住院一部 2 层放射科		

床旁X射线摄影装置	Mira Max	III类	1	使用	住院一部2层放射科		
X射线摄影装置	Ysio Max	III类	1	使用	住院一部2层放射科		

注：①已报废。

表 1-7 原有密封放射源情况

核素	类别	活度 (Bq)	活动种类	工作场所	环评情况	验收情况
¹⁹² Ir	III类	3.70E+11	使用	住院一部地下1层放疗科	甘环开发(2007)142号	正在开展验收中

注:辐射安全许可证副本台账中⁶⁰Co密封放射源,均已退役。

表 1-8 原有非密封放射性物质情况

核素	日等效最大操作量(Bq)	年最大用量(Bq)	活动种类	工作场所	环评情况	验收情况
^{99m} Tc	3.70E+08	8.88E+13	使用	住院二部1层核医学科	甘环开发(2007)142号	正在开展验收中
¹²⁵ I	1.48E+07	7.10E+10	使用		甘环核表(2022)5号	正在建设中
¹³¹ I	7.40E+08	3.55E+12	使用			
⁸⁹ Sr	1.48E+07	7.10E+10	使用			
³² P	2.96E+06	3.55E+09	使用			

1.10.2 辐射安全与环境保护管理现状

(1) 辐射安全与环境保护管理机构

为了加强辐射安全与环境保护管理工作,促进放射性同位素与射线装置合法使用,医院成立了辐射安全与防护管理委员会,由院长任组长,负责辐射安全与环境保护管理工作。

(2) 辐射安全与环境保护管理

为了规范辐射安全与环境保护管理工作,医院制定了一系列辐射安全管理制度,包括:操作规程、岗位职责、辐射安全和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等。

目前,医院辐射安全与环境保护管理工作正常有序,各项辐射安全与环境保护管理制度执行良好。每年,医院按要求开展辐射安全和防护状况年度评估工作,并上报给生态环境主管部门。

(3) 工作人员考核

医院已开展核技术利用项目中,共有工作人员106名,其中12名工作人员辐

射安全与防护培训考核逾期。

(4) 个人剂量监测

医院已开展个人剂量监测工作，并建立个人剂量档案。《甘肃省肿瘤医院外照射个人剂量检验报告》（2021 年度）个人剂量检测结果，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 B1.1.1.1 中由审管部门决定的连续 5 年的工作人员 20mSv 年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均）。

1.10.3 存在的问题

医院已开展核技术利用项目中，12 名工作人员辐射安全与防护培训考核逾期。按照《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》要求，医院应尽快安排工作人员参加辐射安全与防护培训，考核合格后方可上岗。

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、教学等用途得各种类型加速器												
序号	名称型号	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) /剂 量率 (cGy/min)	用途	工作场所	备注		
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
（二）X 射线机：包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途												
序号	名称	类别	数量	型号	最大管电 压(kV)	最大管电流(mA)	用途	工作场所	备注			
1	医用血管造影 X 射线机	II	1	Artis Q.Zen Ceiling	125	1000	放射 诊断	门诊住院综合 楼（住院一部） 地下 1 层 DSA1 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	最大管电 压(kV)	最大靶点 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	/	不暂存	通风排入大气
医疗废物	/	/	/	/	3.0t	/	暂存于专用废物桶	委托有资质单位处理
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

表 6 评价依据

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，自 2015 年 1 月 1 日施行；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，自 2018 年 12 月 29 日修改施行；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，自 2003 年 10 月 1 日施行；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》，自 2017 年 10 月 1 日修改施行；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，自 2019 年 3 月 2 日修改施行；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，自 2021 年 1 月 4 日修改施行；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，自 2011 年 5 月 0 1 日施行；</p> <p>(8) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），自 2021 年 1 月 1 日施行；</p> <p>(9) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，自 2019 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(10) 《关于发布<射线装置分类>的公告》，自 2017 年 12 月 5 日施行；</p> <p>(11) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，自 2020 年 1 月 1 日起实施；</p> <p>(12) 《产业结构调整指导目录（2021 年本）》，自 2021 年 12 月 30 日起施行；</p> <p>(13) 《甘肃省辐射污染防治条例》，自 2021 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(14) 《甘肃省生态环境厅审批环境影响评价文件的建设项目名录（2021 年本）》，2021 年 11 月 12 日印发；</p> <p>(15) 《甘肃省人民政府办公厅关于印发甘肃省辐射事故应急预案的通知》，2022 年 1 月 28 日印发。</p>
------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p style="text-align: center;">技 术 标 准</p>	<p>(1) 《建设项目环境影响评价技术导则总纲》（HJ2.1-2016）；</p> <p>(2) 《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>(3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>(4) 《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）；</p> <p>(5) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）；</p> <p>(6) 《医用血管造影 X 射线机专用技术条件》（YY/T0740-2009）；</p> <p>(7) 《放射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ98-2020）；</p> <p>(8) 《室内空气质量标准》（GB/T18883-2002）；</p> <p>(9) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；</p> <p>(10) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）。</p>
<p style="text-align: center;">其 他</p>	<p>(1) 委托书；</p> <p>(2) 《甘肃省环境天然贯穿辐射水平调查研究》（甘肃省环境保护研究所，1996）；</p> <p>(3) 《Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities》（National Council on Radiation Protection and Measurement, 2004.11.19）；</p> <p>(4) 《辐射防护手册》（李德平、潘自强主编，1991.01）；</p> <p>(5) 《医用外照射源的辐射防护》（郑钧正、卢正福、李隆德译，1984.11）；</p> <p>(6) 《放射防护实用手册》（赵兰才 张丹枫主编，2009.7）；</p> <p>(7) 《介入放射学患者受照剂量水平研究》（闵楠，2009）；</p> <p>(8) 《辐射所致臭氧的估算与分析》（王时进、娄云，1992.08.25）；</p> <p>(9) 《辐射安全手册精编》（潘自强主编，2014.06）；</p> <p>(10) 《Artis Q.Zen Ceiling 场地准备手册》；</p> <p>(11) 其他技术资料。</p>

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

项目使用 II 类射线装置，依据《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“1.5 评价范围和保护目标：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”。因此，项目评价范围为项目介入手术室外 50m 范围内的区域。

7.2 保护目标

项目环境保护目标为评价范围内工作人员、公众，环境保护目标见表 7-1。

表 7-1 环境保护目标

环境保护目标		相对方位与距离	备注	保护要求
工作人员	操作间	介入手术室东紧邻	1~2 人	≤5mSv/a
	介入手术室内	床旁	2~4 人	
公众	洁净走廊、走廊	介入手术室南紧邻	医院职工及流动人群	≤0.1mSv/a
	走廊	介入手术室西紧邻		
	缓冲区、设备机房、污物通道	介入手术室北紧邻		
	门诊药房	介入手术室楼上		
	地下停车场	介入手术室楼下		
	门诊住院综合楼	项目所在建筑		
	家属楼	介入手术室东 45m	居民约 190 人	
	家属楼	介入手术室南 33m		
	煎药室、锅炉房	介入手术室西 28m	医院职工及流动人群	

7.3 评价标准

7.3.1 个人剂量

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 条关于剂量限值内容，应对个人受到的正常照射加以限制，以保证本标准 6.2.2 条规定的特殊情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录 B（标准的附录）中规定的相应剂量限值。

因此，评价取 5mSv/a 作为项目工作人员个人剂量约束值、取 0.1 mSv/a 作为公众个人剂量约束值。

表 7-2 个人剂量限值

关注人群	标准剂量限值	评价提出的个人剂量约束值
工作人员	①由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量(但不可作任何追溯性平均), 20mSv; ②任何一年中的有效剂量, 50mSv; ③眼晶体的年当量剂量, 150mSv; ④四肢(手和足)或皮肤的年当量剂量, 500mSv。	年有效剂量, 5mSv。
公众	①年有效剂量, 1mSv; ②特殊情况下, 如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv, 则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv; ③眼晶体的年当量剂量, 15mSv; ④皮肤的年当量剂量, 50mSv。	年有效剂量, 0.1mSv。

7.3.2 工作场所剂量率参考控制水平

根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)第 6.3.1 条第 1 款要求, 具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时, 机房周围剂量当量率应不大于 2.5 μ Sv/h。因此, 评价取介入手术室实体屏蔽物边界外 30cm 处、顶部外 30cm 处周围剂量当量率不大于 2.5 μ Sv/h 作为参考控制水平。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理位置和场所位置

8.1.1 地理位置

兰州位于中国西北部、甘肃省中部，市中心位于北纬 36°03'、东经 103°40'，北与武威市、白银市接壤，东与定西市接壤、南与临夏回族自治州接壤，总面积 13085.6km²。

项目位于兰州市七里河区小西湖东街 2 号。该地点紧邻西津东路、南滨河路，与兰州市主要城区均有快速路相连，交通便利，地理位置见附图 1。

8.1.2 工作场所位置

医院东侧是医院家属院，南侧是西津东路，西侧是小西湖东街，北侧是西湖北街棚户区改造工地，外环境位置关系情况见附图 2。

项目建设场地位于医院门诊住院综合楼（住院一部）地下 1 层 DSA1 室。项目介入手术室东侧是操作间，南侧是洁净走廊、走廊，西侧是走廊，北侧是缓冲区、设备机房，场所底部外是地下停车场，场所顶部外是门诊药房。

8.2 环境质量现状监测及分析

为了解区域辐射环境现状水平，医院委托甘肃凯信铭宇检测技术有限公司对项目工作场所及周围进行辐射环境监测。

8.2.1 监测因子及监测方法

监测因子及监测方法见表 8-1。

表 8-1 监测因子及依据方法

监测因子	监测方法
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》（HJ61-2021）

8.2.2 监测布点原则

根据项目辐射源特点、工作场所布局及周围环境特征，识别照射途径和关键受照人群，制定监测布点原则如下：①在项目拟建场地布点；②在受项目运行影响且与项目相邻区域布点；③评价范围内各环保目标处布点。

8.2.3 监测时间及气象条件

监测时间：2022 年 04 月 28 日。

气象条件：天气晴，室内 16℃~20℃，室外 23℃~27℃，相对湿度 32%。

8.2.4 监测仪器

监测仪器详见表 8-2。

表 8-2 监测仪器

仪器名称	环境级 X、 γ 辐射测量仪	仪器型号	FJ1200
出厂编号	D50326	测量范围	0.01~200 μ Sv/h
能量响应	40keV~3MeV	固有误差	小于 \pm 15%
响应时间	1s	检定单位	中国辐射防护研究院 放射性计量站
证书编号	检字第[2022]-R1013	有效期至	2023 年 03 月 20 日

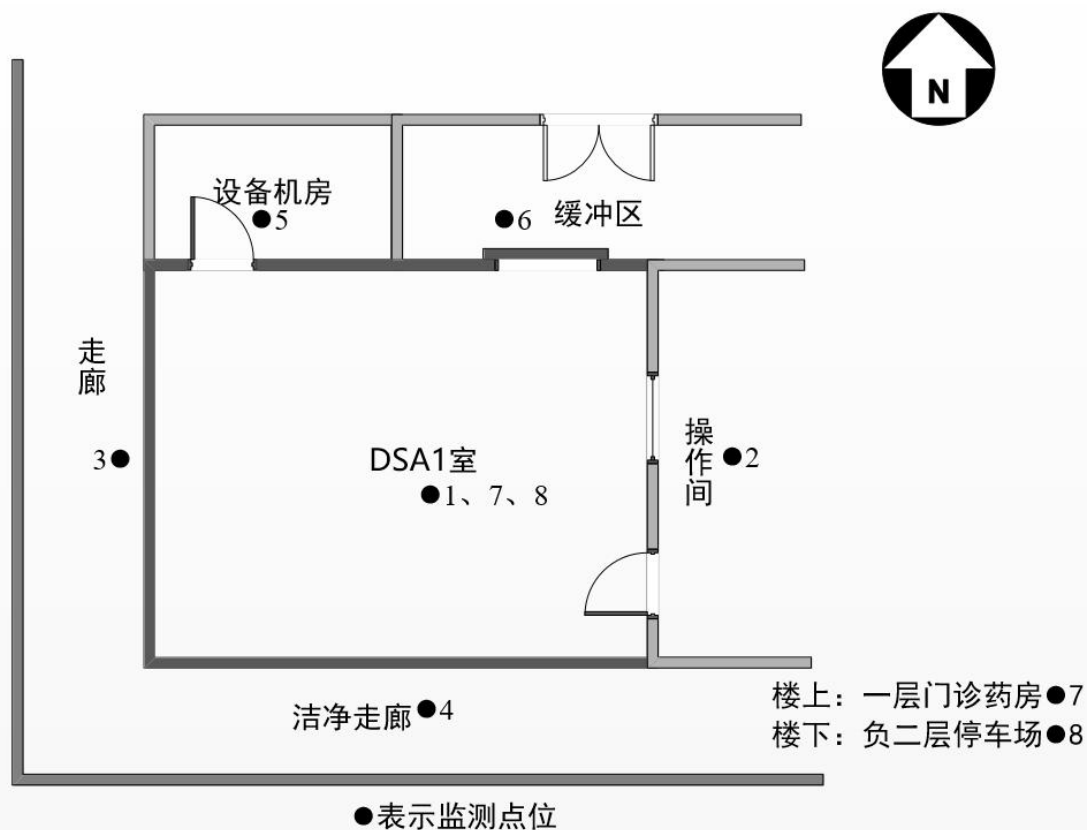


图 8-1 工作场所监测布点示意图

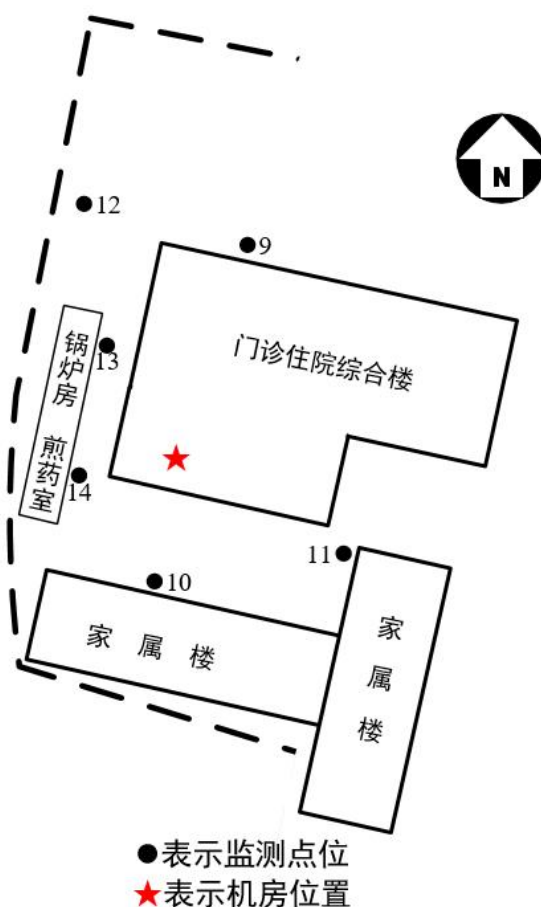


图 8-2 项目环保目标监测布点示意图

8.2.5 监测质量保证

(1) 监测单位取得 CMA 资质认证，批准环境 γ 辐射剂量率检验检测项目。

(2) 监测分析方法采用《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》(HJ61-2021)等行业标准。

(3) FJ1200 型环境级 X、 γ 辐射测量仪适用于环境 γ 辐射剂量率监测，监测仪器量程为 0.01~200 μ Sv/h，满足《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)要求。

(4) FJ1200 型环境级 X、 γ 辐射测量仪，经过计量检定机构检定合格，检定证书在有效期内。

(5) 现场监测人员经过环境 γ 辐射剂量率测量相关专业培训，考核合格上岗工作。

(6) 监测方案、原始记录、质量保证记录、监测报告、仪器检定/校准证书及其他重要数据资料，建档保存。

(7) 按照《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)第5.5节要求,计算监测结果。

(8) 监测数据及报告实行校对、审核、签发制度。

8.2.6 数据处理

(1) 监测结果计算

根据《环境γ辐射剂量率测技术规范》(HJ1157-2021)第5.5节关于结果计算内容,环境γ辐射剂量率测量结果按照公式(8-1)修正计算。

$$\dot{D}_\gamma = k_1 \times k_2 \times R_\gamma - k_3 \times \dot{D}_c' \dots\dots\dots (8-1)$$

式中: \dot{D}_γ —测点处环境辐射空气吸收剂量率值, Gy/h;

k_1 —仪器检定/校准因子;

k_2 —仪器检验源效率因子 [$k_2 = A_0/A$ (当 $0.9 \leq k_2 \leq 1.1$ 时,对结果进行修正;当 $k_2 < 0.9$ 或 $k_2 > 1.1$ 时,应对仪器进行检修,并重新检定/校准),其中 A_0 、 A 分别是检定/校准时和测量当天仪器对同一检验源的净响应值(需考虑检验源衰变校正);如仪器无检验源,该值取 1];

R_γ —仪器测量读数值均值(空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照 JJG 393,使用 ^{137}Cs 和 ^{60}Co 作为检定/校准参考辐射源时,换算系数分别取 1.20 Sv/Gy 和 1.16 Sv/Gy), Gy/h;

k_3 —建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子,楼房取 0.8,平房取 0.9,原野、道路取 1;

\dot{D}_c' —测点处宇宙射线响应值(由于测点处海拔高度和经纬度与宇宙射线响应测量所在淡水水面不同,需要对仪器在测点处对宇宙射线的响应值进行修正,具体计算和修正方法参照 HJ 61), Gy/h。

根据《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)要求,在实际环境监测中,测点的海拔高度、经纬度与湖(库)水面一般不同,应对湖(库)水面测得的 \dot{X}_c 进行修正,按公式(8-2)得到项目测点处仪器对宇宙射线的响应值 \dot{X}_c' ;如果测点的海拔高度、经纬度与湖(库)水面相差不大:海拔高度差别 $\leq 200\text{m}$,经度差别 $\leq 5^\circ$,纬度差别 $\leq 2^\circ$,可以不进行 \dot{X}_c 修正,即 $\dot{X}_c = \dot{X}_c'$ 。

$$\dot{X}_c' = \frac{D_{\text{宇}}'}{D_{\text{宇}}} \times \dot{X}_c \dots\dots\dots (8-2)$$

式中： \dot{X}_c' —仪器在测点处对宇宙射线的响应值；

$D_{\text{宇}}'$ 、 $D_{\text{宇}}$ —分别为测点处和湖（库）水面处宇宙射线电离成分在低大气层中产生的空气吸收剂量率，nGy/h；

\dot{X}_c —仪器在湖（库）水面上对宇宙射线的响应值。

$D_{\text{宇}}'$ 、 $D_{\text{宇}}$ 可参照公示（8-3）计算。

$$D_{\text{宇}} = D_{\text{宇}}(0)[0.21e^{-1.649h} + 0.79e^{0.4528h}] \dots\dots\dots (8-3)$$

$$D_{\text{宇}}(0) = \begin{cases} 30, & \lambda_m \leq 30^\circ N \\ 32, & \lambda_m \geq 30^\circ N \end{cases} \dots\dots\dots (8-4)$$

式中： $D_{\text{宇}}(0)$ —计算点所在海平面处宇宙射线电离成分所致空气吸收剂量率，nGy/h；

h —计算点的海拔高度，km；

λ_m —计算点的地磁纬度，N。

地磁纬度由计算点的地理纬度 λ 和地理经度 φ 按公式（8-5）计算。

$$\sin\lambda_m = \sin\lambda\cos 11.7^\circ + \cos\lambda\sin 11.7^\circ\cos(\varphi - 291^\circ) \dots\dots (8-5)$$

（2）计算参数

根据 FJ1200 型环境级 X、 γ 辐射测量仪检定证书（见附件 4）检定结果，结合项目实际情况，校准因子取 0.87。

FJ1200 型环境级 X、 γ 辐射测量仪无检验源，仪器检验源效率因子取 1。

FJ1200 型环境级 X、 γ 辐射测量仪使用 ^{137}Cs 作为检定/校准参考辐射源，换算系数取 1.20 Sv/Gy。

建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子，楼房取 0.8，平房取 0.9，原野、道路取 1。

根据监测单位资料，监测工作人员在武威红崖山水库水面上开展 FJ1200 型环境级 X、 γ 辐射测量仪宇宙射线响应值监测工作，测点经度 102.88194° 、纬度 38.38777° 、海拔高度 1420m，测点处宇宙射线响应值（未乘校准因子） X_c 为 10.3nSv/h。

项目建设地点中心（经度 103.79885° ；纬度 36.07225° ；海拔高度 1530m）与武威红崖山水库测点纬度相差 $>2^\circ$ ，按照公式（8-2）进行宇宙射线响应值修正， $\dot{X}_c' = 10.8\text{nSv/h}$ 。

8.2.7 监测结果

表 8-3 监测结果

序号	点位描述	仪器测量读数值 均值 (nSv/h)	监测结果 (nGy/h)	不确定度 (nGy/h)	备注
1	DSA1 室	105	80	±1	室内
2	操作间	126	98	±1	室内
3	西侧走廊	106	81	±1	室内
4	洁净走廊	104	79	±1	室内
5	设备机房	114	88	±1	室内
6	缓冲区	133	103	±1	室内
7	门诊药房	108	82	±1	室内
8	地下停车场	104	79	±1	室内
9	门诊住院综合楼门口	115	86	±1	室外
10	南侧家属楼门口	108	81	±1	室外
11	东南侧家属楼西北角	109	82	±1	室外
12	医院西门	95	70	±2	室外
13	锅炉房门口	96	71	±1	室外
14	煎药室门口	92	68	±1	室外

8.3 监测结果分析

监测显示，项目拟建场地及周围环境 γ 辐射剂量率在 68nGy/h~103nGy/h。对比《甘肃省环境天然贯穿辐射水平调查研究》（甘肃省环境保护研究所，1996）表 4 内容，兰州市原野、道路、室内等 γ 辐射（空气吸收）剂量率范围值分别为 34.0nGy/h~104.5nGy/h、35.5nGy/h~73.3nGy/h、48.7nGy/h~132.3nGy/h，项目拟建场地及周围环境辐射水平在本底水平范围。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备和工艺分析

9.1.1 工作原理

数字减影血管造影技术（Digital Subtraction Angiography）是血管造影术和电子计算机图像处理技术相结合的产物。其成像基本原理为：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格，做成矩阵化，形成由小方格中的像素所组成的视频图像，经对数增幅和模/数转换为不同数值的数字，形成数字图像并分别存储起来，然后输入电子计算机处理并将两幅图像的数字信息相减，获得的不同数值的差值信号，再经对比度增强和数/模转换成普通的模拟信号，获得了去除骨骼、肌肉和其他软组织，只留下单纯血管影像的减影图像，通过显示器显示出来。通过数字减影处理的图像，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无异常通道和血液动力学的改变。

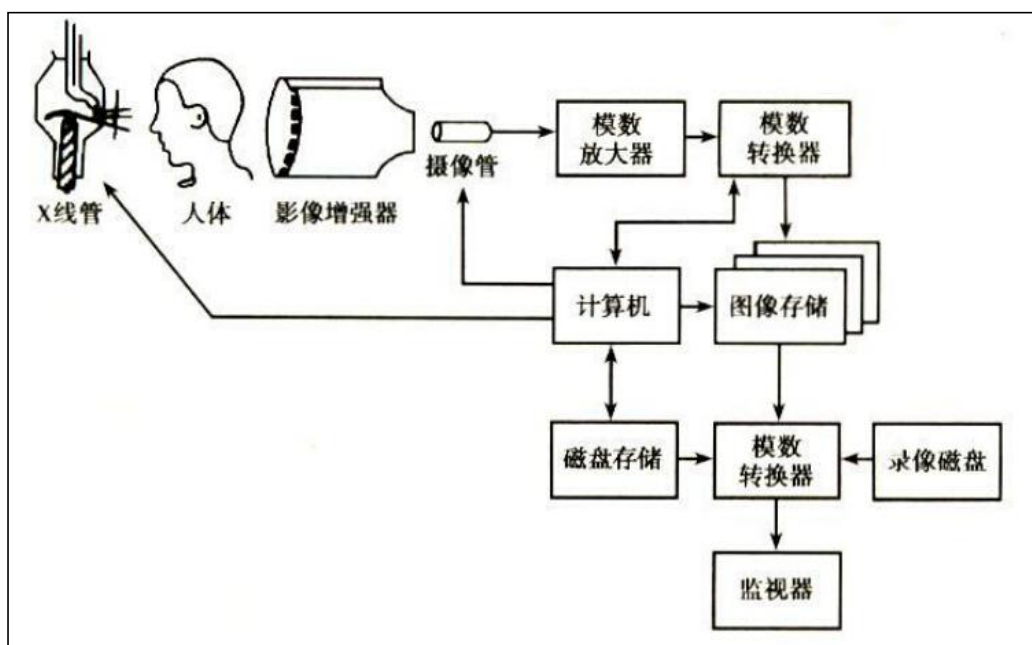


图 9-1 典型数字减影血管造影系统结构

介入诊疗技术是在血管、皮肤上作直径几毫米的微小通道，或经人体原有的管道，在医学影像设备的引导下对病灶局部进行治疗的创伤最小的治疗方法。该技术是将不同的药物经血管或经皮肤直接穿刺注射入病灶内，改变病灶血供、直

接作用于病灶；还可将不同的材料及器材置于血管或身体其他器官，恢复这些器官的正常功能。介入诊疗技术具有不开刀、创伤小、恢复快、效果好的特点。

9.1.2 设备组成

数字减影血管造影设备按功能和结构划分，主要由：X线发生系统、影像检测和显示系统、影像处理和系统控制部分、机架系统和导管床、影像存储和传输系统等组成。

项目使用的 Artix Q.Zen Ceiling 型医用血管造影 X 射线机主要技术参数，详见表 9-1。

表 9-1 Artix Q.Zen Ceiling 型医用血管造影 X 射线机主要技术参数

X 射线管电压 (kV)	≤125	X 射线管电流 (mA)	≤1000
X 射线管标称功率 (kW)		平板探测器尺寸 (cm)	30×30
距焦点 1m 处泄漏剂量率 ^① (mGy/h)	≤1.0	透视条件下距焦点 1m 处空气比释动能率 ^② (μGy/h)	2.40E+05
摄影 (减影) 条件下距焦点 1m 处的辐射剂量率 ^③ (μGy/h)	4.08E+07	/	/

注：①参考《医用电气设备第 1-3 部分：基本安全和基本性能的通用要求-并列标准：诊断 X 射线设备的辐射防护》(GB9706.12-1997) 第 29.204.3 节内容；②参考《医用血管造影 X 射线机专用技术条件》(YY/T0740-2009)、参考《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 第 5.8.3 节要求；③参考《医用外照射源的辐射防护》附录中 X 射线发射器的发射率，取 0.5mmCu 的滤过条件，推算项目数字减影血管造影机摄影 (减影) 模式 (管电压 125kV、管电流 200mA) 下，距焦点 1m 处的辐射剂量率为 4.08E+07μGy/h。

9.1.3 工作流程

项目建成后，主要开展外周介入手术、肿瘤介入手术、非血管介入手术等。各类型介入手术工作流程相似，评价例举腹主动脉造影术等工作流程如下。

(1) 预约登记

经医师诊断、诊断正当性判断后，对开展介入手术的受检者进行预约登记。

(2) 告知

医师向受检者及其家属介绍介入手术可能出现的并发症及危害、可预期的诊疗效果、辐射危害等。

(3) 术前准备

医师了解受检者既往病史、过敏史，安排受检者进行体格检查、穿刺部位备皮、禁饮食及其他。

(4) 穿刺

医护人员对受检者穿刺部位皮肤消毒并局部麻醉后，在穿刺部位做小切，通

过鞘管插入带安全导引钢丝的导管，在透视模式下前送导管，经股动脉、髂动脉上行至腹主动脉。握住导引钢丝，前送导管使管头超出导丝。撤出导引钢丝，抽吸导管，弃去抽吸液，用肝素盐水手推冲洗导管后，连接到充有对比剂的三联三通接头和注射器上。记录导管尖主动脉压力，手推注射器 3~4ml 使导管充满对比剂。操作管道尾端方向柄，缓慢将导管沿着主动脉内壁前送，推注对比剂 1~2ml 证实进入腹主动脉。

期间，手术工作人员穿戴个人防护用品进入介入手术室内，透视模式下在术者位开展近台操作。

(5) 透视、减影

手术过程中，手术工作人员在术者位采取脉冲透视方式获得透视影像，了解人体组织生理结构。减影过程中，手术工作人员手推注射对比剂，进行减影（3~6 帧/s），将显影过程记录下来，从显影的结果可以看到含有对比剂的血液流动顺序，以及血管充盈情况，从而了解血管的生理和解剖的变化，并以对比剂排出的路径及快、慢推断有无异常通道和血液动力学改变等情况。

期间，手术工作人员穿戴个人防护用品进入介入手术室内，透视模式下在术者位开展近台操作；减影模式下工作人员退出介入手术室。

(6) 术后处理

结束后，医师撤出导管，加压包扎穿刺点，防止出血。术后应密切观察受检者，预防并及时处理并发症。

⑦ 结束

医师填写介入记录，技师处理图像、刻录光盘。

9.1.4 路径规划

工作人员经操作间出入介入手术室，开展工作；受检者经缓冲区出入介入手术室。项目工作场所路径规划情况见附图 6。

9.1.5 工作负荷

项目建成后，主要开展外周介入手术、肿瘤介入手术、非血管介入手术等，预计年开展手术约 500 台。

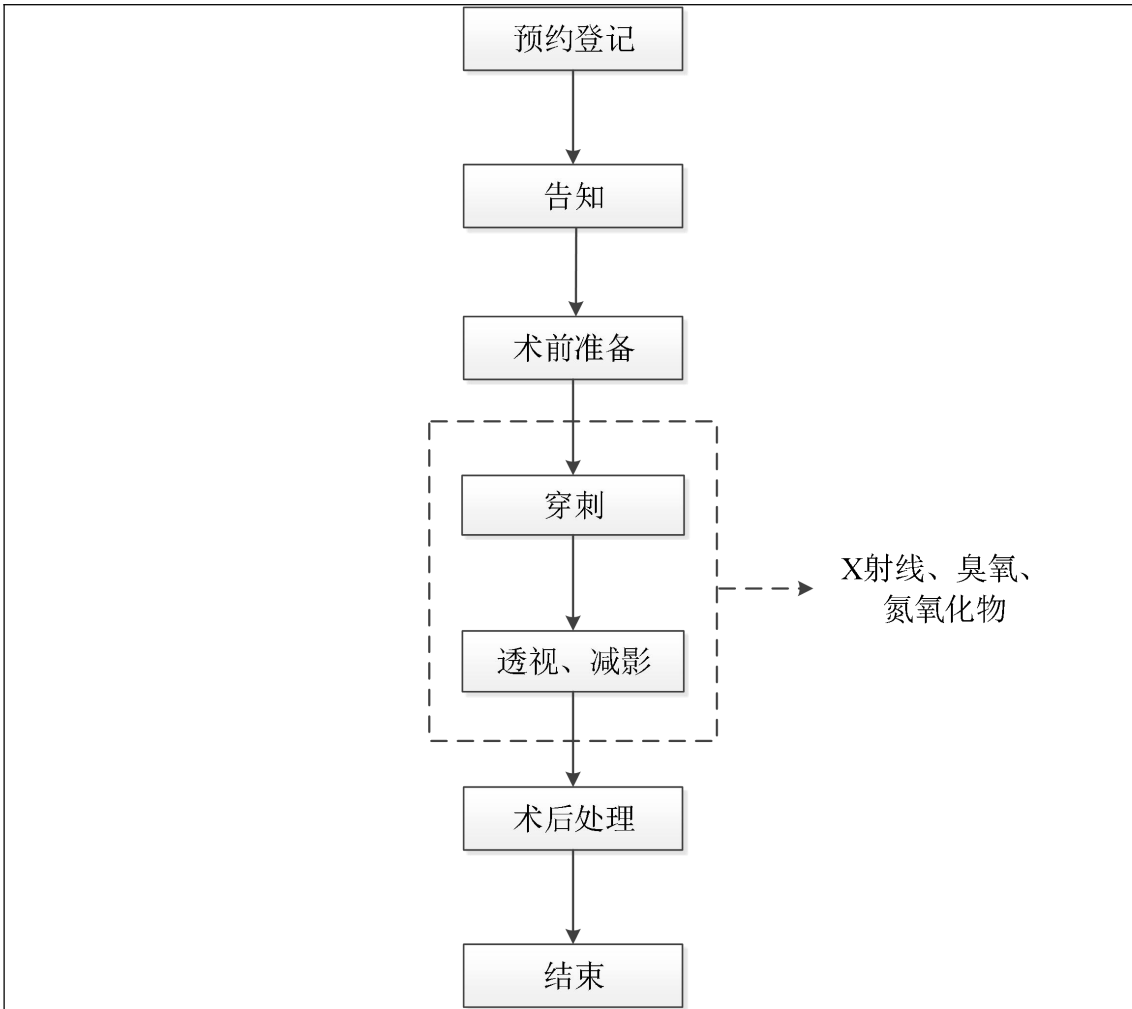


图 9-2 项目工艺流程及产污环节图

9.2 污染源项描述

9.2.1 污染因子

9.2.1.1 X 射线

数字减影血管造影系统射线源是 X 射线管，通常由真空玻璃壳内的阴极和阳极组成。当 X 射线管接通电源后，阴极加热发射热电子。热电子在电场加速下，高速电子束流轰击阳极靶物质产生 X 射线。高速电子轰击阳极靶产生的 X 射线，主要由韧致辐射能量谱和特征 X 射线能量谱组成。其中，特征 X 射线能量一般较低，强度也远小于韧致辐射。

根据 X 射线管工作原理，设备开机工作产生 X 射线，关机状态下不产生 X 射线。X 射线透射能力强，对周围人群及环境造成外照射影响较大，是主要污染因子。

9.2.1.2 臭氧及氮氧化物

空气中的氧气、二氧化氮、氮气在 X 射线作用下，发生分解形成氧原子离子和一氧化氮等，氧原子离子和一氧化氮与空气作用，产生臭氧和氮氧化物。

9.2.2“三废”组成

9.2.2.1 固体废物

工作人员办公及生活产生少量办公垃圾，统一收集后交环卫部门处理。项目运行产生医疗废物约 3.0t/a，集中收集暂存于专用废物桶内，委托有医疗废物处理资质的单位处理。

9.2.2.2 液体废物

工作人员办公及生活产生少量生活污水，依托医院污水处理设施处理后，接入市政管网。

9.2.2.3 气体废物

项目运行，产生的少量臭氧及氮氧化物，通风排入大气。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 工作场所布局

(1) 工作场所布局

根据项目工作场所布局设计方案，利用医院门诊住院综合楼（住院一部）地下 1 层 DSA1 室，作为项目 Artis Q.Zen Ceiling 型医用血管造影 X 射线机的安装场所；为优化场所布局，在介入手术室西北角增设污物门及污物通道。项目工作场所布局改造后，主要由介入手术室、操作间、设备机房、缓冲区、污物通道等组成。

结合设备特点，有用线束不直接照射介入手术室门、窗、管线口及工作人员操作位；项目建设场地位于医院门诊住院综合楼（住院一部）地下 1 层介入治疗科内，与其他非核技术利用科室相对隔离，避开了人群集中区域；项目改造后，介入手术室内有效长、宽、高（至吊顶）分别为 6.9m、5.4m、2.7m，有效面积为 37.26m²；满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中 6.1 节关于 X 射线设备机房布局的要求。项目工作场所改造前、后平面布置情况见附图 4。

10.1.2 辐射防护分区管理

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定，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。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。此外，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域定为监督区。

按照分区管理的原则，项目将介入手术室划为控制区管理，将操作间划为监督区管理。项目工作场所辐射防护分区管理情况见附图 6。

对于控制区，除了受检者、陪检者和工作人员外，严禁其他人员出入，并在控制区出入口设置电离辐射警告标志；对于监督区，项目不采取专门的辐射安全与防护措施，定期对职业照射条件进行监督和评价。

分析上述方案，项目工作场所控制区、监督区划分情况，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）分区管理的原则，工作场所分

区合理。

10.1.3 辐射安全与环境保护措施

(1) 辐射防护措施

项目保留 DSA1 室原有辐射防护措施，在顶面增加 2mm 铅板进行防护，改造新增污物通道门设计采用 4mm 铅板进行防护。项目 DSA1 室原有辐射防护措施如下：介入手术室四周墙体为 240mm 砖混结构(实心红砖 $\rho=1.65\text{g/cm}^3$)，抹 40mm 硫酸钡水泥 ($\rho=2.79\text{g/cm}^3$)；介入手术室顶面为 150mm 钢筋混凝土结构（混凝土 $\rho=2.35\text{g/cm}^3$ ）；介入手术室地面为 150mm 钢筋混凝土结构，抹 30mm 硫酸钡水泥；介入手术室观察窗铅当量为 4mmPb，介入手术室各防护门采用 4mm 铅板作为防护材料。

为估算混凝土、实心红砖等防护材料的铅当量，评价引用《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C 中的方法进行估算。

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

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

式中： B -透射因子，无量纲；

X -材料厚度，mm；

α 、 β 、 γ -防护材料对不同管电压 X 射线辐射衰减的拟合参数，无量纲。

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C 内容，能量为 125kV 的 X 射线散射辐射在混凝土中衰减的 α 、 β 、 γ 拟合参数分别为 0.0351、0.0660、0.7832；能量为 125kV 的 X 射线散射辐射在砖中衰减的 α 、 β 、 γ 拟合参数无依据参考，评价保守取能量为 125kV 的 X 射线有用线束在砖中衰减的 α 、 β 、 γ 拟合参数分别为 0.0287、0.0670、1.346；利用（公式 10-1）、（公式 10-2）估算得到工作场所混凝土、实心红砖等防护材料铅当量见表 10-1。

表 10-1 项目工作场所介入手术室防护情况

防护实体	原有防护措施	改造防护措施	铅当量
四周墙体	240mm 砖混结构（实心红砖 $\rho=1.65\text{g/cm}^3$ ），抹 40mm 硫酸钡水泥（ $\rho=2.79\text{g/cm}^3$ ）	∕	4.93 mmPb
顶面	150mm 钢筋混凝土结构（混凝土 $\rho=2.35\text{g/cm}^3$ ）	2mm 钢板	4.05mmPb
地面	150mm 钢筋混凝土结构（混凝土 $\rho=2.35\text{g/cm}^3$ ），抹 30mm 硫酸钡水泥	∕	4.05mmPb

	($\rho=2.79\text{g/cm}^3$)		
观察窗	铅玻璃铅当量 4mmPb	/	4mmPb
污物通道门	/	4mm 铅板	4mmPb
其他门	4mm 铅板	/	4mmPb

注：参考《放射防护实用手册》表 6.14 关于硫酸钡水泥折算铅当量内容。保守考虑，在 125kV 有用线束散射条件下，以 15mm 硫酸钡水泥 ($\rho=2.79\text{g/cm}^3$) 相当于 1mmPb 考虑。

分析表 10-1，项目介入手术室辐射防护措施，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中第 6 章关于 X 射线设备机房防护设施的技术要求，即：C 形臂 X 射线设备机房有用线束方向、非有用线束方向铅当量均需要达到 2mmPb。

（2）辐射安全措施

① 闭门装置

项目介入手术室安装 3 个出入口，分别与操作间、缓冲区及污物通道连通。其中，介入手术室与操作间、污物通道之间为平开门，安装电磁式闭门装置；介入手术室与缓冲区之间门为电动式推拉门，**门内外安装脚踏式开关，可实现就地控制启闭的功能**，安装防夹装置。

② 电离辐射警告标志及指示灯

介入手术室防护门上设计张贴电离辐射警告标志，门上方设计安装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，受检者候诊区设置放射防护注意事项告知栏。工作状态指示灯设计与防护门有效关联。

③ 观察窗

介入手术室与控制台之间设有观察窗，便于观察到受检者状态及防护门开闭情况。

④ 固有安全措施

Artis Q.Zen Ceiling 型医用血管造影 X 射线机设计安装可调限束装置、安全故障报警装置、控制锁定开关、**常闭式出束开关**、剂量指示装置、紧急停机装置等安全措施，以实现减少泄漏辐射、自动触发报警信号、显示故障、防止非工作人员操作设备、中断照射、紧急停机等功能。

此外，Artis Q.Zen Ceiling 型医用血管造影 X 射线机还配备铅悬挂防护屏/

铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏等辅助防护设施，铅当量 0.5mmPb。

⑤排风措施

项目利用介入手术室原有管道送风式空调机组，排风量为 2000m³/h，排风口在介入手术室顶部呈东西向对称分布，排风管道在介入手术室内吊顶夹层内布置，最终接入户外。介入手术室排风口分布情况见附图 7。

排风管道贯穿场所实体位置，设计安装不锈钢结构铅铅百叶窗，铅当量 3mmPb。

⑥监测仪表

项目计划配备便携式 X-γ 辐射监测仪 1 台。

⑦个人防护用品

项目计划配备铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套等工作人员个人防护用品各 4 件，介入防护手套铅当量 0.025mmPb，其他个人防护用品铅当量 0.5mmPb；计划配备铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套等受检者（成人及儿童）个人防护用品各 1 件，铅当量 0.5mmPb；计划为陪检者配备铅橡胶防护衣 1 件。

⑧电缆贯穿措施

项目工作场所电缆沟顶部设有盖板，处于±0m 以下，设计采取“U”结构贯穿介入手术室实体防护，减少不利影响。

10.1.4 工作场所辐射安全与防护设施符合性分析

依据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求，项目辐射安全与防护设施符合性分析表见表 10-2。

分析表 10-2 内容可知，项目工作场所辐射安全与防护情况，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中第 6 章关于 X 射线设备机房防护设施的技术要求。

10.2 “三废”治理

10.2.1 固体废物

工作人员办公及生活产生少量办公垃圾，统一收集后交环卫部门处理。项目运行产生纱布、针管、损伤废物、输液器等医疗废物约 3.0t/a，集中收集暂存于专用废物桶内，委托有医疗废物处理资质的单位处理。

10.2.2 液体废物

工作人员办公及生活产生少量生活污水，依托医院污水处理设施处理后，接入市政管网。

10.2.3 气体废物

项目运行，产生的少量臭氧及氮氧化物，通风排入大气。

表 10-2 项目辐射安全与环境保护措施符合性分析表

项目	项目辐射安全与防护情况	辐射安全与防护要求	符合性
机房布局要求	<p>①Artis Q.Zen Ceiling 型医用血管造影 X 射线机有用线束朝向图像增强器照射，不直接照射门、窗、管线口及工作人员操作位。</p> <p>②项目建设场地位于医院门诊住院综合楼（住院一部）地下 1 层介入治疗科内，与其他科室相对隔离，避开了人群集中区域；项目利用 DSA1 室辐射防护措施，保证邻室及周围场所人员安全。</p> <p>③项目改造后，介入手术室内有效长、宽、高（至吊顶）分别为 6.9m、5.4m、2.7m，有效面积为 37.26m²。</p>	<p>①应合理设置 X 射线设备、机房的门、窗和管线口位置，应尽量避免有用线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位。</p> <p>②X 射线设备机房（照射室）的设置应充分考虑邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全。</p> <p>③单管头 X 射线设备机房内最小有效使用面积 20m²，机房内最小单边长度 3.5m。</p>	符合
工作场所辐射安全与防护要求	<p>①项目介入手术室辐射防护铅当量 4~4.93mmPb。</p> <p>②介入手术室与控制台之间设有观察窗，便于观察到受检者状态及防护门开闭情况。</p> <p>③项目利用介入手术室原有管道送风式空调机组，保持良好通风。</p> <p>④介入手术室防护门上设计张贴电离辐射警告标志，门上方设计安装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，受检者候诊区设置放射防护注意事项告知栏。</p> <p>⑤项目介入手术室安装 3 个出入口，分别与操作间、缓冲区及污物通道连通。其中，介入手术室与操作间、污物通道之间为平开门，安装电磁式闭门装置；介入手术室与缓冲区之间门为电动式推拉门，门内外安装脚踏式开关，可实现就地控制启闭的功能，安装防夹装置。</p>	<p>①C 形臂 X 射线设备机房有用线束方向、非有用线束方向铅当量均需要达到 2mmPb。</p> <p>②机房应设有观察窗或摄像监控装置，其设置的位置应便于观察到受检者状态及防护门开闭情况。</p> <p>③机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。</p> <p>④机房门外应有电离辐射警告标志；机房门上方应有醒目的工作状态指示灯，灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句；候诊区应设置放射防护注意事项告知栏。</p> <p>⑤平开机房门应有自动闭门装置；推拉式机房门应设有曝光时关闭机房门的管理措施；工作状态指示灯能与机房门有效关联。电动推拉门宜设置防夹装置。</p>	符合
防护用品要求	<p>①项目计划配备铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套等工作人员个人防护用品各 4 件。其中，介入防护手套铅当量 0.025mmPb，其他个人防护用品铅当量 0.5mmPb。</p> <p>②项目计划配备铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套等受检者（成人及儿童）个人防护用品各 1 件，铅当量 0.5mmPb；计划为陪检者配备铅橡胶防护衣 1 件。</p>	<p>①应为工作人员配备铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套，选配铅橡胶帽子。</p> <p>②应为受检者配备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。应为儿童的 X 射线检查配备保护相应组织和器官的防护用品，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.5mm。</p>	符合
辅助防护设施	<p>Artis Q.Zen Ceiling 型医用血管造影 X 射线机还配备铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏等辅助防护设施，铅当量 0.5mmPb。</p>	<p>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。</p>	符合

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段环境影响分析

11.1.1 施工阶段环境影响分析

项目建设期，施工将产生施工噪声、扬尘、废水、建筑垃圾等，对环境产生污染影响。

(1) 大气环境

项目施工阶段，产生施工扬尘，但影响仅局限于施工现场附近区域。针对上述大气污染采取以下措施：及时清扫施工场地，并保持施工场地一定的湿度。采取上述措施后，施工扬尘对周围环境影响有限。

(2) 声环境

项目施工阶段，产生不同程度的噪声，对周围环境造成一定的影响。施工作业应严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）要求，尽量使用噪声低设备，严禁夜间进行强噪声作业，减少噪声对周围环境的影响。

(3) 固体废物

项目施工阶段，产生建筑垃圾和生活垃圾。为此，医院应委托有资质单位处理建筑垃圾，并做好装载工作，防止建筑垃圾在运输途中散落；施工人员产生的生活垃圾，依托医院现有的垃圾收集设施进行收集，统一交环卫部门处理。采取上述措施后，施工阶段产生的固体废物对周围环境影响很小。

(4) 水环境

项目施工阶段，产生施工废水和生活废水。针对施工产生的少量废水，可设置初级沉淀池，施工废水经处理后回用。施工人员产生的生活废水，依托医院现有的污水处理系统处理后，排入城市污水管网。采取上述措施后，施工期对周围水环境影响很小。

综上所述，项目在施工阶段采取上述污染防治措施，施工期影响将可以控制在医院内局部区域，对周围环境影响较小。

11.1.2 调试阶段环境影响分析

射线装置调试过程中产生 X 射线，对周围环境产生辐射影响。调试期间，医院应加强辐射防护管理，保证各项辐射安全与环境保护措施正常投入使用，在介入手术室周围设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。调试工作由设备厂商专业技术人员进行操作，非专业人员不得调试设备，设备调试时间很短，

造成的环境影响较小。调试结束后，项目建设阶段影响将随之消除。

11.2 运行阶段环境影响分析

根据工艺流程与源项分析，项目运行阶段产生的辐射环境影响主要有 X 射线、臭氧及氮氧化物等带来的环境影响。

11.2.1 辐射环境影响分析

11.2.1.1 预测模式

根据射线装置工作原理，设备图像增强器对 X 射线主束有防护作用。根据《Structural Shielding Design For Medical X-Ray Imaging Facilities》（NCRP147 号出版物）第 4.1.6 节内容，辐射防护预测时不需要考虑主束照射。因此，评价重点考虑泄漏辐射和散射辐射造成的辐射环境影响

(1) 泄漏辐射

泄漏辐射预测模式，参考《辐射防护手册（第一分册）辐射源与屏蔽》（李德平、潘自强主编）中给出的公式。透射因子预测模式，参考《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C 中给出的公式。

$$H_L = \frac{H_{0L} \cdot B}{d^2} \dots\dots\dots (11-1)$$

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

式中：

H_L -关注区域泄漏辐射剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

H_{0L} -设备（1m 处）泄漏辐射剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

d -关注区域至源点距离，m；

B -透射因子，无量纲；

X -实体防护铅当量，mm；

α 、 β 、 γ -对不同管电压 X 射线辐射衰减拟合参数（取自 GBZ130-2020 附录 C），无量纲。

(2) 散射辐射

散射辐射预测模式，参考《辐射防护手册 第一分册 辐射源与屏蔽》（李德平、潘自强主编）中给出的公式。

$$H_S = \frac{H_0 \cdot \alpha \cdot s}{(d_0 \cdot d_s)^2} \cdot B \dots\dots\dots (11-3)$$

式中：

H_S -关注区域散射剂量率, $\mu\text{Gy/h}$;

H_0 -距焦点 1m 处剂量率, $\mu\text{Gy/h}$;

α -受检者对 X 射线的散射比(取自《辐射防护手册 第一分册 辐射源与屏蔽》表 10.1) ;

s -散射面积, cm^2 ;

d_0 -源点与受检者的距离, m;

d_s -受检者与关注区域的距离, m;

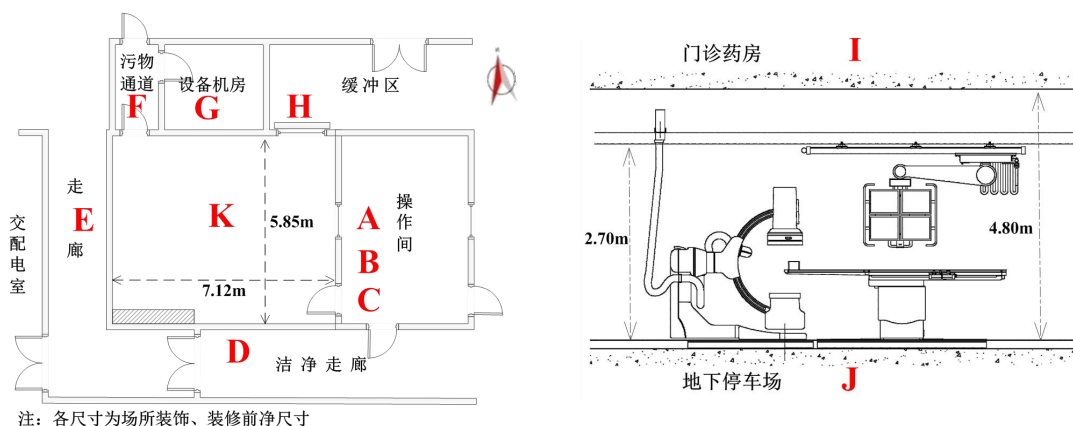
B -透射因子, 无量纲;

X -实体防护铅当量, mm;

α 、 β 、 γ -不同 X 射线辐射衰减拟合参数(取 GBZ130-2020 附录 C), 无量纲。

11.2.1.2 关注点

根据工作场所布局情况, 评价选取操作间工作人员操作位(A点)、介入手术室东墙外 30cm(B点)、介入手术室与操作间之间防护门外 30cm(C点)、介入手术室南墙外 30cm(D点)、介入手术室西墙外 30cm(E点)、介入手术室与污物通道之间防护门外 30cm(F点)、介入手术室北墙外 30cm(G点)、介入手术室与缓冲区之间防护门外 30cm(H点)、介入手术室顶部外 30cm(I点)、介入手术室底部外 30cm(J点)、介入手术室内第一术者位(K点)等作为关注点, 对泄漏辐射和散射辐射做出预测分析。



注: 各尺寸为场所装饰、装修前净尺寸

图 11-1 项目工作场所各关注点分布示意图

11.2.1.3 预测参数

参考《医用血管造影 X 射线机专用技术条件》(YYT0740-2009) 第 5.4.3 节要求, 在管电压与管电流的任意组合下, 透视入射空气比释动能率应不大于

100mGy/min。参考《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）第 5.8.3 节要求，介入放射学、近台同室操作用 X 射线设备应配备能阻止使用焦皮距小于 20cm 的装置。评价保守考虑，假设焦皮距为 20cm 情况下，透射模式下距靶 1m 处的空气比释动能率为 2.40E+05 μ Gy/h。

参考《医用外照射源的辐射防护》附录中 X 射线发射器的发射率，取 0.5mmCu 的滤过条件，推算项目射线装置摄影（减影）模式（管电压 125kV、管电流 800mA）下，距靶 1m 处的辐射剂量率为 1.63E+08 μ Gy/h。

参考《医用电气设备第 1-3 部分：基本安全和基本性能的通用要求-并联标准：诊断 X 射线设备的辐射防护》（GB9706.12-1997）第 29.204.3 节内容，X 射线管组件和 X 射线源组件在加载状态下的泄漏辐射，当其在相当于规定的 1h 最大输入能量加载条件下以标称 X 射线管电压运行时，距离焦点 1m 处，在任一 100cm² 的区域范围内平均空气比释动能应不超过 1.0mGy/h（指口内 X 射线影像接收器的齿科摄影设备中规定使用的 X 射线管电压不超过 125kV 的 X 射线源组件之外的其他各种 X 射线管组件及 X 射线源组件）。

根据项目资料，项目射线装置未定位，评价以介入手术室中央位置作为辐射源点；有用线束向上照射，设备机头距地面 0.3m，治疗床高 1m；取辐射源点与关注点线性正交距离进行预测分析。

11.2.1.4 预测结果及分析

（1）泄漏辐射

利用公式（11-1）、（11-2）计算项目各关注点泄漏辐射剂量率见表 11-1。

表 11-1 项目各关注点泄漏辐射剂量率计算结果

关注区域	H _{0L} (μ Gy/h)	d (m)	X (mmPb)	α	β	γ	H _L (μ Gy/h)
A	1.00E+03	4.10	4	2.219	7.923	0.5386	5.01E-04
B	1.00E+03	4.10	4.93	2.219	7.923	0.5386	6.31E-05
C	1.00E+03	4.10	4	2.219	7.923	0.5386	5.01E-04
D	1.00E+03	3.59	4.93	2.219	7.923	0.5386	8.23E-05
E	1.00E+03	4.10	4.93	2.219	7.923	0.5386	6.31E-05
F	1.00E+03	3.59	4	2.219	7.923	0.5386	6.53E-04
G	1.00E+03	3.59	4.93	2.219	7.923	0.5386	8.23E-05

H	1.00E+03	3.59	4	2.219	7.923	0.5386	6.53E-04
I	1.00E+03	4.95	4.05	2.219	7.923	0.5386	3.07E-04
J	1.00E+03	0.75	4.05	2.219	7.923	0.5386	1.34E-02
K	1.00E+03	0.4	0.5	2.219	7.923	0.5386	3.48E+02
K'	1.00E+03	0.4	1	2.219	7.923	0.5386	6.67E+01

注：K'关注点为第一术者位工作人员穿戴个人防护用品情况。

(2) 散射辐射

利用公式(11-3)、(11-2)计算透视模式(管电压100kV)、摄影(减影)模式(管电压125kV、管电流800mA)情况下,项目各关注点散射辐射剂量率见表11-2。

表 11-2 项目各关注点散射辐射剂量率计算结果

关注区域	H_0 ($\mu\text{Gy/h}$)	α	S (cm^2)	d_0 (m)	d_s (m)	α	β	γ	Hs ($\mu\text{Gy/h}$)	
透视模式	A	2.40E+05	3.25E-06	100	0.5	4.10	2.507	15.33	0.9124	9.54E-05
	B	2.40E+05	3.25E-06	100	0.5	4.10	2.507	15.33	0.9124	9.27E-06
	C	2.40E+05	3.25E-06	100	0.5	4.10	2.507	15.33	0.9124	9.54E-05
	D	2.40E+05	3.25E-06	100	0.5	3.59	2.507	15.33	0.9124	1.21E-05
	E	2.40E+05	3.25E-06	100	0.5	4.10	2.507	15.33	0.9124	9.27E-06
	F	2.40E+05	3.25E-06	100	0.5	3.59	2.507	15.33	0.9124	1.24E-04
	G	2.40E+05	3.25E-06	100	0.5	3.59	2.507	15.33	0.9124	1.21E-05
	H	2.40E+05	3.25E-06	100	0.5	3.59	2.507	15.33	0.9124	1.24E-04
	I	2.40E+05	3.25E-06	100	0.5	4.25	2.507	15.33	0.9124	7.83E-05
	J	2.40E+05	3.25E-06	100	0.5	1.45	2.507	15.33	0.9124	6.73E-04
	K	2.40E+05	3.25E-06	100	0.5	0.40	2.507	15.33	0.9124	9.20E+01
K'	2.40E+05	3.25E-06	100	0.5	0.40	2.507	15.33	0.9124	2.05E+01	
摄影模式	A	1.63E+08	3.75E-06	100	0.5	4.10	2.233	7.888	0.7295	2.43E-01
	B	1.63E+08	3.75E-06	100	0.5	4.10	2.233	7.888	0.7295	3.04E-02
	C	1.63E+08	3.75E-06	100	0.5	4.10	2.233	7.888	0.7295	2.43E-01
	D	1.63E+08	3.75E-06	100	0.5	3.59	2.233	7.888	0.7295	3.96E-02

E	1.63E+08	3.75E-06	100	0.5	4.10	2.233	7.888	0.7295	3.04E-02
F	1.63E+08	3.75E-06	100	0.5	3.59	2.233	7.888	0.7295	3.17E-01
G	1.63E+08	3.75E-06	100	0.5	3.59	2.233	7.888	0.7295	3.96E-02
H	1.63E+08	3.75E-06	100	0.5	3.59	2.233	7.888	0.7295	3.17E-01
I	1.63E+08	3.75E-06	100	0.5	4.25	2.233	7.888	0.7295	2.02E-01
J	1.63E+08	3.75E-06	100	0.5	1.45	2.233	7.888	0.7295	1.74E+00
K	1.63E+08	3.75E-06	100	0.5	0.40	2.233	7.888	0.7295	1.13E+05
K'	1.63E+08	3.75E-06	100	0.5	0.40	2.233	7.888	0.7295	2.59E+04

注：K'关注点为第一术者位工作人员穿戴个人防护用品情况。

③总剂量率

分析预测结果，透视模式（管电压 100kV）、摄影（减影）模式（管电压 125kV、管电流 800mA）情况下，项目各关注点剂量率见表 11-3。

表 11-3 项目各关注点辐射剂量率

工作模式	关注区域描述	泄漏剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)	散射剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)	总剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)	
透视模式	A	操作间工作人员操作位	5.01E-04	9.54E-05	5.96E-04
	B	介入手术室东墙外 30cm	6.31E-05	9.27E-06	7.23E-05
	C	介入手术室与操作间之间防护门外 30cm	5.01E-04	9.54E-05	5.96E-04
	D	介入手术室南墙外 30cm	8.23E-05	1.21E-05	9.43E-05
	E	介入手术室东墙外 30cm	6.31E-05	9.27E-06	7.23E-05
	F	介入手术室与污物通道之间防护门外 30cm	6.53E-04	1.24E-04	7.78E-04
	G	介入手术室北墙外 30cm	8.23E-05	1.21E-05	9.43E-05
	H	介入手术室与缓冲区之间防护门外 30cm	6.53E-04	1.24E-04	7.78E-04
	I	介入手术室顶部外 30cm	3.07E-04	7.83E-05	3.86E-04
	J	介入手术室底部外 30cm	1.34E-02	6.73E-04	1.41E-02
	K	介入手术室内第一术者位	3.48E+02	9.20E+01	4.40E+02
K'	介入手术室内第一术者位（穿戴个人防护用品）	6.67E+01	2.05E+01	8.72E+01	
摄影模式	A	操作间工作人员操作位	5.01E-04	2.43E-01	2.43E-01
	B	介入手术室东墙外 30cm	6.31E-05	3.04E-02	3.04E-02
	C	介入手术室与操作间之间防护门外 30cm	5.01E-04	2.43E-01	2.43E-01

D	介入手术室南墙外 30cm	8.23E-05	3.96E-02	3.97E-02
E	介入手术室东墙外 30cm	6.31E-05	3.04E-02	3.04E-02
F	介入手术室与污物通道之间防护门外 30cm	6.53E-04	3.17E-01	3.17E-01
G	介入手术室北墙外 30cm	8.23E-05	3.96E-02	3.97E-02
H	介入手术室与缓冲区之间防护门外 30cm	6.53E-04	3.17E-01	3.17E-01
I	介入手术室顶部外 30cm	3.07E-04	2.02E-01	2.02E-01
J	介入手术室底部外 30cm	1.34E-02	1.74E+00	1.75E+00
K	介入手术室内第一术者位	3.48E+02	1.13E+05	1.13E+05
K'	介入手术室内第一术者位（穿戴个人防护用品）	6.67E+01	2.59E+04	2.60E+04

参考《辐射防护导论》中表 2.5 关于品质因数内容，能量超过 30keV 的光子品质因数近似值为 1。分析预测结果，透视模式下介入手术室外各关注区域辐射剂量率在 7.23E-05 μ Sv/h~1.41E-02 μ Sv/h，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，机房周围剂量当量率应不大于 2.5 μ Sv/h。

11.2.2 个人剂量估算

(1) 估算模式

参考《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 J 内容，人体各组织器官 T 所受的有效剂量计算公式。

$$E = \sum_T w_T \cdot \sum_R w_R \cdot D_{T,R} \dots\dots\dots (11-4)$$

式中：E-人体所受的有效剂量，Sv；

w_T -人体组织或器官 T 的组织权重因数，无量纲；

w_R -辐射 R 的辐射权重因数，无量纲；

$D_{T,R}$ -组织或器官 T 内的平均吸收剂量，Gy。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）J4.7 关于辐射权重因数内容，所有能量的光子辐射权重因数均为 1。

(2) 工作负荷

根据项目资料，项目主要开展外周介入手术、肿瘤介入手术、非血管介入手术，预计年开展手术约 500 台。

参考《介入放射学患者受照剂量水平研究》中表 2-7 关于不同介入诊疗操作中数据统计，透视时间范围值、平均值分别为 1.3min~40.1min、12.3min。因此，评价取 12.3min 作为项目手术透视时间平均值。典型数字减影系统减影作业过程中，一般均为毫秒级的脉冲摄影，单台手术摄影时间一般为 1min。由此推算，项目运行后工作情况见表 11-4。

表 11-4 项目运行工作情况

手术类型	作业模式	平均时间 (min)	年开展手术 (台)	年工作时间 (h)
外周、肿瘤介、非血管介入手术	透视模式	12.3	500	102.5
	摄影 (减影) 模式	1		8.33

(3) 居留因子选取

参考《放射治疗机房辐射屏蔽规范第 1 部分：一般原则》(GBZ/T201.1-2007) 附录 A 表 A.1 关于不同场所的居留因子内容，见表 11-5。

表 11-5 居留因子

场所	居留因子 (T)		示例
	典型值	范围	
全居留	1	1	管理人员或职员办公室、治疗计划区、治疗控制室、护士站、移动式电子加速器的相邻手术室与诊室、咨询台、有人护理的候诊室以及周边建筑中的驻留区
部分居留	1/4	1/2~1/5	1/2: 与屏蔽室相邻的患者检查室 1/5: 走廊、工作人员休息室
偶然居留	1/16	1/8~1/40	1/8: 各治疗机房房门外 30 cm 处、相邻的 (共用屏蔽墙) 放射诊疗机房 1/20: 公厕、自动售货区、储藏室、设有座椅的户外区域、无人护理的候诊室、病人滞留区域、屋顶、门岗室 1/40: 仅有来往行人车辆的户外区域、无人看管的停车场、车辆自动卸货区域、楼梯、无人看管的电梯

(4) 个人剂量估算结果分析

结合项目工作场所布局情况，依据 (公式 11-4) 对各关注点个人剂量进行估算，见表 11-6。

表 11-6 个人剂量估算结果

关注区域	工作模式	D _r (μ Sv/h)	T(h)	T	年剂量 (mSv/a)	年剂量约束值(mSv/a)	关注人群
A 操作间工作人员操作位	透视	5.96E-04	102.5	1	2.09E-03	5	工作人员
	减影	2.43E-01	8.33				
B 介入手术室东	透视	7.23E-05	102.5	1	2.61E-04	5	工作

墙外 30cm	减影	3.04E-02	8.33				人员
C 介入手术室与操作间之间防护门外 30cm	透视	5.96E-04	102.5	1	2.09E-03	5	工作人员
	减影	2.43E-01	8.33				
D 介入手术室南墙外 30cm	透视	9.43E-05	102.5	1/5	6.81E-05	0.1	公众
	减影	3.97E-02	8.33				
E 介入手术室东墙外 30cm	透视	7.23E-05	102.5	1/5	5.22E-05	0.1	公众
	减影	3.04E-02	8.33				
F 介入手术室与污物通道之间防护门外 30cm	透视	7.78E-04	102.5	1/5	5.45E-04	0.1	公众
	减影	3.17E-01	8.33				
G 介入手术室北墙外 30cm	透视	9.43E-05	102.5	1/20	1.70E-05	0.1	公众
	减影	3.97E-02	8.33				
H 介入手术室与缓冲区之间防护门外 30cm	透视	7.78E-04	102.5	1/8	3.40E-04	0.1	公众
	减影	3.17E-01	8.33				
I 介入手术室顶部外 30cm	透视	3.86E-04	102.5	1	1.73E-03	0.1	公众
	减影	2.02E-01	8.33				
J 介入手术室底部外 30cm	透视	1.41E-02	102.5	1/20	8.01E-04	0.1	公众
	减影	1.75E+00	8.33				
K 介入手术室内第一术者位	透视	4.40E+02	102.5	1	4.51E+01	/	工作人员
	减影	2.43E-01	8.33				
K'介入手术室内第一术者位（穿戴个人防护用品）	透视	8.72E+01	102.5	1	8.94E+00	5	工作人员
	减影	2.43E-01	8.33				

注：①减影模式下，介入手术室内工作人员退回操作间内，取C点处减影模式剂量率。

预测数据显示，项目运行致工作人员年有效剂量为 $2.61E-04\text{mSv/a}$ ~ $8.94E+00\text{mSv/a}$ ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录B1.1.1.1中由审管部门决定的连续5年的工作人员 20mSv 年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），高于评价提出工作人员 5mSv/a 的个人剂量约束值要求。因此，评价建议项目对手术工作人员实行轮岗管理措施或适时补充工作人员，保证工作人员个人剂量满足评价提出的 5mSv/a 的约束限值要求。

项目建成后，项目7工作人员还继续从事ARTIS ZEE型血管造影用X射线装

置的操作。引用《甘肃省肿瘤医院外照射个人剂量检测报告》（2021年度）检测结果，项目7名工作人员年累积个人剂量在0.20~0.27mSv/a。结合预测数据，项目工作人员年有效个人剂量叠加ARTIS ZEE型血管造影用X射线装置带来的个人剂量贡献值后，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录B1.1.1.1中由审管部门决定的连续5年的工作人员20mSv年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均）。

预测数据显示，项目运行致公众年有效剂量为1.70E-05mSv/a~1.73E-03mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录B1.2.1公众中有关关键人群组的成员所受到1mSv的平均剂量限值，也低于评价提出公众0.1mSv/a的个人剂量约束值要求。

11.2.3 废气环境影响分析

项目利用介入手术室原有管道送风式空调机组，排风量为2000m³/h，排风口在介入手术室顶部呈东西向对称分布，排风管道在介入手术室内吊顶夹层内布置，最终接入户外。排风管道贯穿场所实体位置，利用3mm铅皮包裹。

（1）预测模式

①臭氧产生速率

为了解机房内臭氧产生浓度，参考《辐射所致臭氧的估算与分析》中方法计算臭氧产生速率。

$$Q_0 = 0.39 \times H_0 \times S_0 \times R \times G \dots\dots\dots (11-5)$$

式中：

Q_0 -臭氧产生速率，mg/h；

H_0 -距离射线束源点1m处的空气比释动能率，Gy·m²/min；

S_0 -射线束在距离源点Rm处的照射面积，m²；

R -射线束径迹长度，m；

G -空气吸收100eV辐射能量产生臭氧分子数，无量纲。

②臭氧饱和浓度

考虑连续排风和臭氧的分解时，评价参考《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）附录B关于臭氧平衡浓度的计算方法。

$$Q(t) = \frac{Q_0 T_e}{V} (1 - e^{-\frac{t}{T_e}}) \dots\dots\dots (11-6)$$

$$T_e = \frac{t_v \times t_d}{t_v + t_d} \dots\dots\dots (11-7)$$

式中：

$Q(t)$ - t 时刻机房内空气中臭氧的平均浓度， mg/m^3 ；

V -机房体积， m^3 ；

T_e -有效清除时间， h 。

t_v -1次换气所需时间， h ；

t_d -臭氧有效分解时间， h 。

此种情况下， t_v 远小于 t_d ，因而 T_e 约等于 t_v 。当长时间运行时，机房内臭氧平衡浓度如下。

$$Q_s = \frac{Q_0 T_e}{V} \dots\dots\dots (11-8)$$

式中：

Q_s -臭氧平衡浓度， mg/m^3 。

(2) 预测参数及结果分析

① 臭氧产生速率

参考《医用外照射源的辐射防护》附录中 X 射线发射器的发射率，取 0.5mmCu 的滤过条件，推算项目数字减影血管造影机摄影（减影）模式（管电压 125kV、管电流 800mA）下，距靶 1m 处的辐射剂量率为 $1.63\text{E}+08\mu\text{Gy}/\text{h}$ ，即 $2.72\text{E}+00\text{Gy}\cdot\text{m}^2/\text{min}$ ；参考《辐射所致臭氧的估算与分析》，空气吸收 100eV 辐射能量产生臭氧分子数为 10；照射面积取探测器面积 0.09m^2 。利用（公式 11-5）计算臭氧产生速率见表 11-7。

表 11-7 臭氧产生速率预测参数及结果

H_0 ($\text{Gy}\cdot\text{m}^2/\text{min}$)	S_0 (m^2)	R (m)	C	Q_0 (mg/h)
2.72E+00	0.09	1	10	9.55E-01

② 臭氧平衡浓度

项目介入手术室体积为 100.6m^3 （至吊顶），排风系统额定排风量为 $2000\text{m}^3/\text{h}$ ，推算换气次数为 19.9 次/h，每次换气时间为 0.0503h。参考《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）内容，臭氧有效分解时间取 50min。利用（公式 11-7、11-8）计算臭氧平衡浓度见表 11-8。

表 11-8 臭氧平衡浓度预测参数及结果

Q_0 (mg/h)	t_v (h)	t_d (h)	T_e (h)	V(m ³)	Q_s (mg/m ³)
9.55E-01	0.0503	0.83	4.74E-02	100.6	4.50E-04

③预测结果分析

预测显示，项目运行过程中介入手术室内臭氧平衡浓度为 4.50E-04mg/m³，满足《室内空气质量标准》（GB/T18883-2002）中臭氧浓度 0.16mg/m³ 的标准值。

项目工作场所排风系统，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）第 6.4.3 条要求，机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。

11.3 辐射事故影响分析

项目运行过程中，存在一定的潜在危险和风险事故。评价对项目可能发生的辐射事故进行识别、分析，说明项目运行可能发生的辐射事故对人员和环境的损害和影响程度，提出有效的防范及应急措施，以减少事故发生和事故损失，使其对环境的影响达到可接受的水平。

11.3.1 辐射事故风险识别

根据工艺和污染源分析，项目事故风险因子主要为 X 射线，危害因素为对人员造成事故照射。

- (1) 工作人员违反操作规程或误操作，造成事故照射；
- (2) 辐射安全与环境保护措施失效，造成事故照射；
- (3) 检查与维护状态下，设备维修人员反操作规程或误操作，造成事故照射；
- (4) 人员误入工作场所控制区，造成事故照射。

11.3.2 辐射事故分析

11.3.2.1 事故后果计算

结合事故风险识别内容，假设事故状态下受照射人员处于主束照射方向且无其他防护措施的情况。事故发生后，介入手术室内人员按下紧急停机开关，迅速撤离介入手术室，或控制室工作人员按下紧急停机开关。参考公式 (11-4)，计算不同居留条件对人员造成的事故照射剂量情况，见表 11-9。

表 11-9 不同居留条件下事故照射剂量

H (Gy/h)	时间 (s)	1	5	10	15
	距离 (m)				

1.63E+02	1	4.53E-02Gy	2.27E-01Gy	4.53E-01Gy	6.80E-01Gy
1.63E+02	2	1.13E-02Gy	5.67E-02Gy	1.13E-01Gy	1.70E-01Gy
1.63E+02	3	5.04E-03Gy	2.52E-02Gy	5.04E-02Gy	7.56E-02Gy

11.3.2.2 辐射事故分级

参考《辐射安全手册精编》第 14.6.2 节关于急性放射病内容，各型急性放射病剂量阈值见表 11-10。

表 11-10 急性放射病剂量阈值

分型		受照剂量阈值 (Gy)
骨髓型	轻度	1.0
	中度	2.0
	重度	4.0
	极重度	6.0
肠型		10.0
脑型		50.0

结合上表内容，对比不同居留条件下事故照射剂量分析，项目事故工况下不会造成人员产生急性放射病。

依据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第 40 条关于辐射事故分级要求，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，见表 11-11。

表 11-11 辐射事故分级

事故等级	事故情形
特别重大辐射事故	指 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	指 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	指 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	指 IV 类、V 类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

综上所述，项目可能发生的事故为射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射，属于一般辐射事故。

11.3.3 事故防范措施

引起辐射事故（事件）的原因可分为人为因素、技术因素或其它因素。人为因素如蓄意破坏、偷盗、违反操作规程、操作失误、安全观念淡薄、管理缺失等；技术因素为设计不合理、设备故障等；其它因素如自然原因等。

为加强辐射安全管理工作，医院应从辐射安全管理、辐射安全意识两方面着手，提高辐射安全文化素养，加强辐射防护意识，预防辐射事故发生。为减少事故发生，医院需做好以下工作。

（1）定期组织辐射安全文化、法律法规培训，开展辐射安全实践活动，提高辐射安全文化素养，提高工作人员的核安全意识和专业技术知识。

（2）倡导严谨质疑的工作态度，树立知责任、负责任的责任意识，建立机制鼓励工作人员发现潜在的管理问题和安全隐患，建立有效的经验反馈机制，预防人因失误。

（3）定期对辐射安全与环境保护措施效果进行检查，核实各项管理制度的执行情况，对发现的安全隐患立即进行整改，预防技术因素引起辐射事故。

（4）加强辐射分区管理，限制公众在监督区长期滞留。

（5）射线装置发生故障而紧急停机后，在未查明原因或维修结束前，不得重新启动辐射源。

（6）调试和维修时，应保证切断辐射源。

（7）调试和维修必须解除安全联锁时，需经负责人同意并通告有关人员。调试结束后，应及时恢复安全联锁并经确认系统正常。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

为加强辐射安全与环境保护管理工作,防止辐射污染环境,保障公众的健康,减少人为因素导致人员意外照射事故的发生,根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等规定,按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》中关于“营运管理”的要求,医院需制定了相应的辐射安全与环境保护管理制度。

12.1.1 辐射安全与环境保护管理机构

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第 16 条第 1 款要求,使用 II 类射线装置的,应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构,或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。

医院已成立辐射安全与防护管理委员会,负责辐射安全与环境保护管理工作。该委员会下设辐射安全与防护管理领导小组,领导小组下设办公室,办公室设在医务科,安跟会兼任办公室主任,任文辉为专职负责人员。办公室主要负责院内辐射安全,负责协调处理辐射安全相关工作。

(1) 辐射安全与防护管理领导小组

组 长: 郝明

副组长: 杨碎胜 刘勤江 张红伟 王 军

组 员: 高力英 王小琦 赵 林 刘晓东 张志勇 曾贤伍 刘 鹏

安跟会 王晓辉 李全胜 刘金生 王新明 欧阳水根

秘 书: 任文辉(专职管理人员)

(2) 职责分工

1) 辐射安全与防护管理领导小组职责

①根据国家相关法律法规政策,制订我院辐射安全与防护管理工作计划和规章制度,组织实施并进行督促检查及考核总结。

②做好国家辐射安全和放射防护法律法规的宣传工作,提高我院辐射工作人员辐射安全和放射防护意识和法制观念。

③负责院内辐射安全,定期督导检查,负责医院辐射环境监测工作。

④定期督查,指导做好个人以及患者的辐射防护,确保辐射安全。

⑤组织制定和完善放射源和射线装置管理制度和操作规程，监督检查各项规章制度执行，督促整改辐射事故隐患。

⑥负责对本院放射性同位素、放射源的运输、储存和使用中辐射安全情况实施监督监测检查。

⑦对加强和完善本院的辐射防护工作，提出合理化建议。

⑧制定并落实辐射事故预防措施与应急预案，如发生辐射事故，必须立即启动应急预案，采取防护措施，控制事故影响，保护事故现场，并及时向生态环境、公安和卫生部门报告。

2) 辐射安全与环境保护管理办公室职责

①负责拟定辐射防护工作计划和实施方案，制定相关制度、安全操作规程，并组织实施。

②做好工作人员的辐射安全与防护培训、辐射安全防护档案的建立与管理工作。

③组织实施本院辐射工作人员个人剂量监测和职业健康体检，建立个人健康档案。

④定期对辐射防护与安全工作进行督查，指导做好工作人员和患者的安全防护。

3) 辐射安全与环境保护管理专职人员职责

①认真学习辐射安全相关法律、法规及规章制度等，加强辐射安全与防护管理工作，以防辐射事故发生。

②做好工作人员的辐射防护和安全培训、防护设施管理以及辐射防护档案的建立与管理等工作。

③做好全院辐射工作人员的个人剂量监测和职业健康体检，建立个人剂量监测和职业健康体检档案。

④负责放射源和放射性药物审批及备案工作。

⑤定期维护《全国核技术利用辐射安全申报系统》，每年1月31日前提交上一年度评估报告，上传至《全国核技术利用辐射安全申报系统》。

⑥负责医院建设项目放射性职业病评价工作和环境影响评价相关工作。

⑦负责督促做好射线装置性能监测和辐射环境监测工作。

⑧定期开展院内辐射安全与防护工作监督检查。

12.1.2 人员配备与职能

依据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中第 16 条第 2 款要求，从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。依据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》中第 28 条的要求，生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位，应当对直接从事生产、销售、使用活动的工作人员进行安全和防护知识教育培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。

项目计划配备 7 名工作人员，由 4 名医师、2 名护师、1 名技师组成，详见表 1-3。项目 7 名工作人员均为介入治疗科工作人员，且已通过辐射安全与防护考核。

12.2 辐射安全与环境保护管理

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中第 16 条第 6 款的要求，使用放射性同位素、射线装置的单位应当具备有健全的操作规程、岗位职责、辐射安全和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等；第 7 款要求，使用放射性同位素、射线装置的单位有完善的辐射事故应急措施。

为了规范辐射安全与环境保护管理工作，医院制定了《辐射防护和安全保卫制度》、《岗位职责》、《射线装置安全操作规程》、《设备检修维护制度》、《台账管理制度》、《辐射工作人员培训计划》、《辐射监测方案》（含个人剂量监测）、《辐射事故应急预案》等制度，规范辐射安全与环境保护管理。

项目建成后，应结合 Artis Q.Zen Ceiling 型医用血管造影 X 射线机技术特点，制定符合设备要求的操作规程、检修维护制度、岗位职责等，并将项目纳入辐射安全与环境保护管理。

12.3 检修与维护

项目建成后，结合 Artis Q.Zen Ceiling 型医用血管造影 X 射线机技术特点，开展辐射安全与环境保护措施检修、维护管理。

（1）检修维护计划

按照《设备检修维护制度》要求，结合项目运行情况，科室应制定年度检修维护计划，可报辐射安全与环境保护管理机构审核后，组织实施。检修维护计划

可包括：检修维护项目（包括 10.1.3 节内容）、检修维护主体及责任人、检修周期（如：年度检修、季度检修、日常检修及应急检修等）、进度计划、物资计划、质量保证、验收要求等内容。

（2）检修维护要求

根据检修维护计划和检修维护操作规程，开展检修维护作业。检修维护过程中，严格执行辐射安全与环境保护管理制度，作业现场指定检修维护安全员，工作人员佩戴个人防护用品及辐射监测仪表，作业现场应设安全防护栏杆、警示标志，确保辐射安全。

检修维护工作委托第三方开展的，医院应指派工作人员在检修维护作业现场协助。

检修维护作业执行交接验收手续，辐射安全与环境保护措施的检修维护要有完整检修维护记录，存档备查。检修维护作业结束后，辐射安全措施恢复完备。

12.4 辐射监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第 9 条要求，使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托经省级人民政府生态环境主管部门认定的环境监测机构进行监测；第 23 条要求，使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准，对本单位工作人员进行个人剂量监测。

12.4.1 个人剂量监测及职业健康检查

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第 29 条的要求，生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位，应当严格按照国家关于个人剂量监测和健康管理的规定，对直接从事生产、销售、使用活动的工作人员进行个人剂量监测和职业健康检查，建立个人剂量档案和职业健康监护档案。

医院已开展工作人员个人剂量监测和职业健康检查工作，并建立个人剂量档案和职业健康监护档案。

为加强个人剂量监测和职业健康检查管理工作，评价提出以下要求。

（1）监测周期

按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）第 4.3 节要求，常规

监测的周期应综合考虑放射工作人员的工作性质、所受剂量的大小、剂量变化程度及剂量计的性能等诸多因素。常规监测周期一般为 1 个月，最长不得超过 3 个月。

(2) 剂量计佩戴

按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）第 5.3 节要求，对于比较均匀的辐射场，当辐射主要来自前方时，剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般在左胸前或锁骨对应的领口位置；当辐射主要来自人体背面时，剂量计应佩戴在背部中间。

(3) 记录一般要求

按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）第 8.1.1 节要求，准许工作人员查询本人职业照射记录；职业健康管理人員查詢相關職業照射記錄及有關資料。

(4) 职业健康检查

按照《放射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ98-2020）第 6 章要求，医院应开展工作人员上岗前、在岗期间、离岗时职业健康检查。

(5) 职业健康监护档案

按照《放射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ98-2020）第 7 章要求，医院应开展工作人员职业健康监护档案管理。

12.4.2 工作场所及环境监测

根据项目辐射源特点、工作场所布局、周围环境特征、照射途径以及环保目标分布情况，医院制定了《辐射监测方案》。

(1) 自行监测

项目利用便携式 X- γ 辐射监测仪对工作场所定期进行辐射水平监测，并建立监测档案。

(2) 年度监测

委托有资质单位定期（每年监测 1 次）对项目工作场所周围环境进行辐射水平监测，并建立监测档案。

(3) 监测方法及监测因子

参考《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的相关要求，项目监测因

子为周围剂量当量率。

(4) 监测范围及监测频次（自行监测）

项目工作场所周围剂量当量率监测，每季度 1 次。评价范围内各环保目标处周围剂量当量率监测，每季度 1 次。

(5) 监测布点

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）第 8.1 条要求，X 射线设备机房的防护检测应在巡测的基础上，对关注点的局部屏蔽和缝隙进行重点检测。根据项目特点，监测布点关注点示例见表 12-1。

表 12-1 定点监测布点示例

类别	点位描述
场所监测	墙体外 30cm 处、顶部外 30cm 处、防护门外 30cm 处、观察窗外 30cm 处、铅窗外 30cm 处、贯穿机房管线位置、工作人员操作位等。

(6) 质量保证

参考《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）要求，制定质量保证计划。

(7) 仪器维护

日常管理过程中，应定期开展仪器比对、检查维护等工作，保证监测仪器处于良好的工作状态。

12.5 辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《甘肃省辐射污染防治条例》要求，为科学有效、及时处置辐射事故，降低和减轻事故的损害和影响，保障公众及从业人员安全和健康，保护辐射环境安全，维护社会稳定，医院已经制定了辐射事故应急处理预案，成立了应急组织机构，负责医院辐射事故应急工作，明确工作职责、工作程序、事故分级、联络接口等内容，配备应急物资，定期组织应急演练。

12.5.1 应急组织机构及职责

(1) 应急指挥领导小组

1) 组织机构

组 长：郝明

副组长：杨碎胜 刘勤江 张红伟 王 军

组 员：高力英 王小琦 赵 林 张志勇 曾贤伍 安跟会 王晓辉
欧阳水根

2) 机构职责

①组长负责辐射事故应急处理的组织及指挥工作；

②副组长负责辐射事故应急处理中人员、物资和设备的调度工作，并按要求向生态环境部门、公安部门及卫生部门报告；

③成员在抓好辐射事故应急处理工作的同时，协助做好受伤害人员及家属的安抚工作；

④认真做好事故现场的保护工作，协助上级主管部门调查事故、搜集证据，整理资料并做好记录。

(2) 应急救援领导小组

1) 组织机构

组 长：郝明

副组长：杨碎胜 刘勤江 张红伟 王 军

组 员：高力英 王小琦 赵 林 曾贤伍 张志勇 安跟会 王晓辉
李全胜 刘金生 王新明 欧阳水根

2) 机构职责

①自觉遵守纪律，服从命令，听从指挥，为完成救援任务尽职尽责，通过积极工作最大限度地控制辐射事故危害，为尽快恢复工作创造条件；

②加强对发生事故现场的治安保卫工作，协助生态环境部门、公安部门及卫生主管部门做好事故现场的保卫工作，防止现场物资及财产被盗或丢失。

12.5.2 辐射事故应急原则

(1) 迅速报告原则；

(2) 主动抢救原则；

(3) 生命第一原则；

(4) 科学施救，控制危险源，防止事故扩大的原则；

(5) 保护现场，收集证据的原则。

12.5.3 辐射事故及分级

根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐

射事故分为特别重大辐射事故（I级）、重大辐射事故（II级）、较大辐射事故（III级）和一般辐射事故（IV级）四个等级。

12.5.4 辐射事故应急程序

(1) 启动

发生辐射事故或可能引发辐射事故的运行故障时，值班人员应向医院应急值班负责人报告，应急值班负责人依据应急预案相关内容，对事故或故障进行分析判断，启动相应的应急响应小组和响应行动。

(2) 报告

发生辐射事故或可能引发辐射事故的运行故障 1 小时内，填写初始报告，向当地生态环境主管部门书面报告；发生辐射事故的，同时向当地公安部门报告；造成或可能造成人员超剂量照射的，同时向当地卫生行政部门报告。

(3) 响应行动

针对每种可能事故或故障，采取计划的应急行动或实施程序；且在当地人民政府和辐射安全许可证发证机关的监督、指导下实施具体处置工作；配合当地或上级生态环境主管部门可能采取的临时控制措施。

(4) 应急状态终止

符合下列条件之一的，即满足应急终止条件：辐射污染源的泄漏或释放已降至规定限值以内；事故所造成的危害已经被彻底消除，无继发可能；事故现场的各种专业应急处置行动已无继续的必要。

(5) 后续行动

后续行动一般指经应急总指挥批准，进入应急总结及事故后恢复工作，指挥各应急响应小组开展下列工作：a) 查阅并整理所有应急工作日志、记录、书面信息等；b) 评价事故造成的影响，查找原因，防止类似事故再次出现；c) 评价应急期间所采取的行动；d) 根据实践经验，及时对应急预案及相关实施程序进行修订；e) 对造成环境污染的辐射事故，制定去污计划和因事故及去污产生的放射性废物处理和处置计划。

(6) 总结报告

总结经验教训，制定或修改防范措施，加强日常环境安全管理，杜绝类似事故发生。总结报告报送当地生态环境主管部门。

12.5.5 应急能力维持

(1) 应急培训

明确应急预案培训的计划、方式和要求，制定应急培训程序，使应急人员熟悉和掌握应急预案基本内容，具有完成特定应急任务的基本知识、专业技能和响应能力。

(2) 应急演练

明确应急演练频次、演练评估、总结等内容，制定应急演练程序。应急演练分为综合演练和专项演练：a) 综合演练是为了检验、巩固和提高应急组织体系内各应急组织之间的相互协调和配合，检查应急预案和程序的有效性而举行的演练；b) 专项演练是为了检验、巩固和提高应急组织或应急响应人员执行某一特定应急响应技能而进行的演练。

(3) 应急物资装备保障

结合辐射事故准备与响应工作需要，配备一定数量必需的应急物资及相关器材，包括：应急办公用品、应急通讯器材、应急处置用品、个人防护用品、应急后勤保障用品等，并保障物资装备的有效性和可用性；制定应急物资装备清单，明确应急物资和装备的类型、数量、性能、有效日期、存放位置、运输及使用条件、管理责任人及其联系方式等内容。

(4) 预案和程序的修订

明确应急预案和程序修订具体要求，包括：应急组织机构相关负责人发生变化、法规标准发生变化、应急演练结束、本单位或同行业发生事故后，需根据情况及时修订更新。

综上所述，医院制定了辐射事故应急处理预案，成立了应急组织机构，全面负责医院辐射事故应急工作，明确工作职责、工作程序、事故分级、联络接口等内容，配备应急物资，定期组织应急演练，满足《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中对事故应急的相关要求。

项目建成运行后，医院应将其纳入辐射事故应急管理，对可能发生的辐射事故进行分析，有针对性的补充制定相关应急措施。此外，医院应参考类似项目关于辐射事故应急管理、应急响应的经验反馈，并结合应急演练情况，适时修订辐射事故应急预案，以满足辐射事故应急需要。

12.6 竣工环境保护验收

根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》要求，医院是项目竣工环境保护验收的责任主体，应当按照规定的程序和标准，组织对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告；验收报告编制完成后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。

验收报告公示期满后5个工作日内，医院应当登录全国建设项目竣工环境保护验收信息平台，填报建设项目基本信息、环境保护设施验收情况等相关信息，生态环境主管部门对上述信息予以公开。

项目建成后，环境保护设施的验收期限一般不超过3个月。项目环保竣工验收一览表见表12-2。

表 12-2 项目环保竣工验收一览表

项目内容		验收要求
辐射安全与环境保护措施	工作场所布局	<p>①Artis Q.Zen Ceiling 型医用血管造影 X 射线机有用线束不直接照射介入手术室门、窗、管线口及工作人员操作位。</p> <p>②项目建设场地位于医院门诊住院综合楼（住院一部）地下1层介入治疗科 DSA1 室，与其他科室相对隔离，避开了人群集中区域；项目利用 DSA1 室辐射防护措施，保证邻室及周围场所人员安全。</p> <p>③项目改造后，介入手术室内有效长、宽、高（至吊顶）分别为 6.9m、5.4m、2.7m，有效面积为 37.26m²。</p>
	工作场所辐射安全与环境防护	<p>①介入手术室辐射防护铅当量 4~4.93mmPb。</p> <p>②介入手术室与控制台之间设有观察窗，便于观察到受检者状态及防护门开闭情况。</p> <p>③项目利用介入手术室原有管道送风式空调机组，保持良好通风。</p> <p>④介入手术室机房门上方设计张贴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，受检者候诊区设置放射防护注意事项告知栏。</p> <p>⑤项目介入手术室安装3个出入口，分别与操作间、缓冲区及污物通道连通。其中，介入手术室与操作间、污物通道之间为平开门，安装电磁式闭门装置；介入手术室与缓冲区之间门为电动式推拉门，门内外安装脚踏式开关，可实现就地控制启闭的功能，安装防夹装置。</p> <p>⑥项目计划配备铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套等工作人员个人防护用品各4件。其中，介入防护手套铅当量 0.025mmPb，其他个人防护用品铅当量 0.5mmPb。项目计划配备铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套等受检者（成人及儿童）个人防护用品各1件，铅当量 0.5mmPb；计划为陪检者配备铅橡胶防护衣1件。</p> <p>⑦项目计划配备便携式 X-γ辐射监测仪1台。</p> <p>⑧Artis Q.Zen Ceiling 型医用血管造影 X 射线机还配备铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏等辅助防护设施，铅当量 0.5mmPb。</p>
个人剂量监测与职业健康		<p>①工作人员个人剂量计定期（监测周期一般为30天，最长不应超过90天）进行监测并建立个人剂量档案。</p> <p>②工作人员定期进行体检，并建立职业健康档案。</p>

个人剂量控制水平	工作人员和公众所受到的年附加有效剂量，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中工作人员 20mSv 剂量限值和评价提出 5mSv 剂量约束值、公众 1mSv 剂量限值和评价提出 0.1mSv 剂量约束值的要求。
工作场所剂量率参考控制水平	在满足竣工环保验收要求工况下，机房实体防护外 30cm 处（含穿线孔）周围剂量当量率，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中，具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，机房周围剂量当量率应不大于 2.5 μ Sv/h。
辐射安全与环境保护管理机构	设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。
辐射安全与环境保护管理制度	有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等。
辐射事故应急	有完善的辐射事故应急措施。
工作人员辐射防护与安全培训和考核	工作人员应参加辐射安全与防护培训，考核合格后上岗。

12.7 放射性同位素与射线装置安全许可管理

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的相关要求，项目建成后，医院应尽快向生态环境主管部门重新申请领取辐射安全许可证。按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第 16 条要求，使用放射性同位素、射线装置的单位申请领取许可证，应当具备的条件见表 12-3。

表 12-3 使用放射性同位素、射线装置单位申请领取许可证应当具备的条件

序号	要求
1	使用 I 类、II 类、III 类放射源，使用 I 类、II 类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；其他辐射工作单位应当有 1 名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作；依据辐射安全关键岗位名录，应当设立辐射安全关键岗位的，该岗位应当由注册核安全工程师担任。
2	从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。
3	使用放射性同位素的单位应当有满足辐射防护和实体保卫要求的放射源暂存库或设备。
4	放射性同位素与射线装置使用场所所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。
5	配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。使用非密封放射性物质的单位还应当有表面污染监测仪。
6	有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。
7	有完善的辐射事故应急措施。
8	产生放射性废气、废液、固体废物的，还应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

项目使用 Artis Q.Zen Ceiling 型医用血管造影 X 射线机 1 台，用于替换已报废的 CGO-2100C 型血管造影用 X 射线装置，开展放射诊断工作。Artis Q.Zen Ceiling 型医用血管造影 X 射线机最大管电压 125kV、最大管电流 1000mA，属于 II 类射线装置。项目建设场地位于医院门诊住院综合楼（住院一部）地下 1 层 DSA1 室。

项目总投资 1200 万元，环保投资 26 万元，环保投资占总投资比例为 2.17%。

13.1.2 利益代价分析

项目建成后，可继续为周边地区广大群众提供介入治疗，有利于推动区域介入治疗临床应用的发展，满足区域群众就诊需求，提高区域医疗水平，对保障健康、拯救生命起了十分重要的作用，具有显著的社会效益和经济效益。项目在采取一系列辐射安全与环境保护措施的前提下，大大减轻项目对环境造成的不利影响。

综上所述，项目在落实辐射安全与环境保护措施后，可以实现经济效益、社会效益的协调发展。因此，项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践正当性”要求。从利益代价角度分析，项目的建设是可行的。

13.1.3 医疗照射正当性分析

参考《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）第 4.2 节关于正当性要求。医疗照射应有足够的净利益，在能取得相同净利益的情况下，应尽可能采用非医疗照射的替代方法，在无替代方法时也应权衡利弊，判断医疗照射给接受诊断或治疗的个人或社会所带来的利益大于可能引起的辐射危害时，医疗照射才是正当的。根据诊疗目的和受照人员特征对每一项医疗照射实践进行正当性判断。如果某一项医疗照射通常被判定为非正当性，在特殊情况下又需要使用时，应逐例进行正当性判断。执业医师和有关医技人员应尽可能使用与计划照射相关的受检者先前已有的诊断信息和医学记录，避免不必要的重复照射。群体检查使公众所获得的利益足以补偿在经济和社会方面所付出的代价（包括辐射危害）时，这种检查才是正当的。加强对孕妇和可能怀孕妇女的诊断性医疗照射进行正当性判断，

特别是腹部和骨盆检查；只有在临床上有充分理由要求，才能对已怀孕或可能怀孕的妇女进行会引起其腹部或骨盆受到照射的放射学检查，否则应避免此类照射。严格对儿童的诊断性医疗照射进行正当性判断。

13.1.4 环境质量现状分析

监测显示，项目拟建场地及周围环境 γ 辐射剂量率在 68nGy/h~103nGy/h。对比《甘肃省环境天然贯穿辐射水平调查研究》（甘肃省环境保护研究所，1996）表 4 内容，兰州市原野、道路、室内等 γ 辐射（空气吸收）剂量率范围值分别为 34.0nGy/h~104.5nGy/h、35.5nGy/h~73.3nGy/h、48.7nGy/h~132.3nGy/h，项目拟建场地及周围环境辐射水平在本底水平范围。

13.1.5 辐射安全与环境保护措施分析

项目工作场所辐射防护分区管理，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）分区管理的原则，工作场所分区合理。

项目设计采取的各项辐射安全与环境保护措施，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的相关要求。

13.1.6 环境影响分析

（1）施工期环境影响分析

项目施工期，施工产生的噪声、扬尘、废水、建筑垃圾等，对声环境、大气环境、水环境等造成不利影响。项目在施工阶段采取上述污染防治措施，施工期影响将可以控制在医院内局部区域，对周围环境影响较小。

（2）运行期环境影响分析

预测显示，透视模式下介入手术室外各关注区域辐射剂量率在 7.23E-05 μ Sv/h~1.41E-02 μ Sv/h，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，机房周围剂量当量率应不大于 2.5 μ Sv/h。

预测数据显示，项目运行致工作人员年有效剂量为 2.61E-04mSv/a~8.94E+00mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录B1.1.1.1中由审管部门决定的连续5年的工作人员20mSv年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），高于评价提出工作人员5mSv/a的个人剂量约束值要求。因此，评价建议项目对手术工作人员实行轮岗管理措施或适时补充工作人员，保

证工作人员个人剂量满足评价提出的5mSv/a的约束限值要求。

项目建成后,项目7工作人员还继续从事ARTIS ZEE型血管造影用X射线装置的操作。引用《甘肃省肿瘤医院外照射个人剂量检测报告》(2021年度)检测结果,项目7名工作人员年累积个人剂量在0.20~0.27mSv/a。结合预测数据,项目工作人员年有效个人剂量叠加ARTIS ZEE型血管造影用X射线装置带来的个人剂量贡献值后,满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)附录B1.1.1.1中由审管部门决定的连续5年的工作人员20mSv年平均有效剂量(但不可作任何追溯性平均)。

预测数据显示,项目运行致公众年有效剂量为 $1.70E-05\text{mSv/a}$ ~ $1.73E-03\text{mSv/a}$,满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)附录B1.2.1公众中有关关键人群组的成员所受到1mSv的平均剂量限值,也低于评价提出公众0.1mSv/a的个人剂量约束值要求。

13.1.7 辐射安全管理

医院已成立辐射安全与防护管理委员会,负责辐射安全与环境保护管理工作。该委员会下设辐射安全与防护管理领导小组,领导小组下设办公室,办公室设在医务科,安跟会兼任办公室主任,任文辉为专职负责人员。办公室主要负责院内辐射安全,负责协调处理辐射安全相关工作。

为了规范辐射安全与环境保护管理工作,医院制定了《辐射防护和安全保卫制度》、《岗位职责》、《射线装置安全操作规程》、《设备检修维护制度》、《台账管理制度》、《辐射工作人员培训计划》、《辐射监测方案》(含个人剂量监测)、《辐射事故应急预案》等制度,规范辐射安全与环境保护管理。

项目建成后,应结合 Artix Q.Zen Ceiling 型医用血管造影 X 射线机技术特点,制定符合设备要求的操作规程、检修维护制度、岗位职责等,并将项目纳入辐射安全与环境保护管理。

13.1.8 事故影响分析

为有效防护、及时控制放射事故所致的伤害,加强射线装置安全管理工作,保障工作人员以及公众的健康安全,避免环境辐射污染,根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求,医院已经制定了辐射事故应急处理预案,成立了应急组织机构,负责医院

辐射事故应急工作，明确工作职责、工作程序、事故分级、联络接口等内容，配备应急物资，定期组织应急演练，满足《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中对事故应急的相关要求。

13.1.9 环境影响评价综合性结论

综上所述，甘肃省肿瘤医院 DSA 应用项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践正当性”要求，项目在落实辐射安全与环境保护措施、辐射环境管理措施及评价提出的各项环境保护措施前提下，项目运行对环境产生的辐射影响可以满足相关标准要求，符合环境保护的要求。因此，从辐射环境保护的角度分析项目可行。

13.2 建议和承诺

13.2.1 建议

（1）落实各项辐射安全与环境保护措施，完善辐射安全与环境保护管理制度，建立项目运行管理记录、环境监测记录、个人剂量管理记录及维修检查记录等，并存档备查。

（2）医院应定期开展辐射安全培训和教育，提高工作人员辐射安全意识。

（3）医院应加强对仪器、设备、设施等的日常检查、维护管理工作，确保其能够满足项目正常运行需要。

（4）医院应根据国家及地方最新出台的法律法规，对辐射安全与环境保护管理制度进行完善。

（5）每年 1 月 31 日前，医院应向生态环境主管部门提交上一年度的安全和防护状况年度评估报告，且上传至全国核技术利用辐射安全申报系统（<http://rr.mee.gov.cn>）。

（6）项目批复后，医院应按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的相关要求，向生态环境主管部门重新申请领取辐射安全许可证。申请辐射安全许可证前，医院需在全国核技术利用辐射安全申报系统（<http://rr.mee.gov.cn>）进行相关信息的填写。

13.2.2 承诺

无。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见：

经办人：

公 章

年 月 日

审批意见：

经办人：

公 章

年 月 日