

编号：FB21720001

核技术利用建设项目
龙游健康产业中心
DSA 和 ERCP 核技术利用项目
环境影响报告表
(公示版)

龙游县城市发展投资有限公司

二〇二二年十一月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

龙游健康产业中心

DSA 和 ERCP 核技术利用项目

环境影响报告表

建设单位名称：龙游县城市发展投资有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：浙江省衢州市龙游县永安路与文靖路交叉口西

侧 邮政编码：324400

联系人：毛**

电子邮箱：180***@qq.com 联系电话：158****2168

目 录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	8
表 3 非密封放射性物质	8
表 4 射线装置	9
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	10
表 6 评价依据	11
表 7 保护目标与评价标准	13
表 8 环境质量和辐射现状	18
表 9 项目工程分析与源项	23
表 10 辐射安全与防护	28
表 11 环境影响分析.....	33
表 12 辐射安全管理	54
表 13 结论与建议	59
表 14 审批	63
附图	64
附图 1 项目地理位置图.....	64
附图 2-1 DSA1 室和 DSA2 室平面布置图	65
附图 2-2 ERCP 机房平面布置图	66
附图 3 项目周边关系及评价范围示意图.....	67
附图 4-1 DSA1 室和 DSA2 室辐射场所分区示意图	68
附图 4-2 ERCP 机房辐射场所分区示意图	69
附图 5-1 地下一层平面图	70
附图 5-2 一层平面图	71
附图 5-3 二层平面图	72
附图 5-4 三层平面图	73
附图 6-1 DSA1 室和 DSA2 室人流、物流路径规划图	74
附图 6-2 ERCP 机房人流、物流路径图	75
附图 7-1 DSA1 室和 DSA2 室预测点位图	76

附图 7-2	ERCp 机房预测点位图	77
附图 8	本项目与环境管控单元位置关系.....	78
附件	79
附件 1	环评委托书.....	79
附件 2	辐射环境现状监测报告.....	80
附件 3	相关环评批复.....	87
附件 4	专家意见.....	91
附件 5	修改说明.....	92

表 1 项目基本情况

建设项目名称		龙游健康产业中心 DSA 和 ERCP 核技术利用项目			
建设单位		龙游县城市发展投资有限公司			
法人代表	胡**	联系人	毛**	联系电话	158****2168
注册地址		浙江省衢州市龙游县永安路与文靖路交叉口西侧			
项目建设地点		浙江省衢州市龙游县永安路与文靖路交叉口西侧			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）	3000	项目环保投资（万元）	180	投资比例（环保投资/总投资）	6%
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 ）	/
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	/			
	<p>1.1 项目概述</p> <p>1.1.1 建设单位概况</p> <p>龙游县城市发展投资有限公司成立于 2014 年，注册地位于龙游县龙洲街道西湖沿 1 号。经营范围包括一般项目：股权投资；市政设施管理；园区管理服务；工程管理服务；规划设计管理；城乡市容管理；城市绿化管理；城市公园管理(除依法须经批准的项目外，凭营业执照依法自主开展经营活动)。许可项目：建设工程施工；建设工程监理；公路管理与养护；房地产开发经营(依法须经批准的项目，经相关部门批准后方可开展经营活动，具体经营项目以审批结果为准)。龙游县城市发展投资</p>				

有限公司对外投资 6 家公司。

1.1.2 建设目的和任务由来

根据龙游县政府城市东进的战略规划，城东新区将是龙游未来城市的核心，既可以对老城区进行辐射，也可以为湖镇、产业新城提供服务。规划定位“一心两区”：中等规模城市的公共服务中心；生态宜居区、现代服务业集聚区。龙游健康产业中心项目是城东新区的重要功能版块，可提升城东新区公共服务设施配套水平，增强城东新区的整体性和活力，同时解决老城区人民医院难以发展的困境，促进县域医疗水平的提高，同时具备辐射周边地区的技术和服务能力。龙游健康产业中心功能定位为龙游县人民医院迁建和社会资本办医等集于一体的综合医疗项目。

《龙游县城市发展投资有限公司龙游健康产业中心项目环境影响报告书》已通过审批，批复文号为衢环龙建〔2020〕109 号，本项目为其辐射部分。

根据建设单位提供资料，本项目建设内容为：在医技楼一层建设两间 DSA 机房及其附属用房，新增 2 台数字减影血管造影机（以下简称 DSA）；在医技楼二层建设一间 ERCP 机房及其附属用房，新增 1 台 ERCP 手术用透视摄影 X 射线机（以下简称 ERCP）。

对照《关于发布〈射线装置分类〉的公告》（环境保护部国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号），DSA 和 ERCP 均属于 II 类射线装置，根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版）的规定，本项目属于“五十五、核与辐射 172、核技术利用建设项目 使用 II 类射线装置的”，应编制环境影响报告表。

为此，龙游县城市发展投资有限公司委托浙江建安检测研究院有限公司对该项目进行辐射环境影响评价（项目委托书见附件 1）。在接受委托后，评价单位组织相关技术人员进行了现场勘察、资料收集等工作，并结合项目特点，按照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）等规定要求，编制完成本环境影响报告表。

1.1.3 项目建设内容和规模

本项目建设内容为：在医技楼一层建设两间 DSA 机房及其附属用房，新增 2 台 DSA；在医技楼二层建设一间 ERCP 机房及其附属用房，新增 1 台 ERCP。

本项目的射线装置情况如下表所示。

表 1-1 本项目射线装置情况

序号	装置名称	数量	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	主射方向	用途	工作场所	类别	备注
1	DSA	1	150	1300	向上	影像诊断和介入治疗	DSA 1 室	II 类	新增
2	DSA	1	150	1300	向上	影像诊断和介入治疗	DSA 2 室	II 类	新增
3	ERCP	1	150	1300	向上	影像诊断和介入治疗	ERCP 机房	II 类	新增

1.1.4 项目劳动定员与工作负荷

(1) 劳动定员

本项目拟配置 24 名辐射工作人员，人员新聘请，人员配置情况见下表。

表 1-2 本项目人员配置情况

序号	工作区域	职位	人数	备注
1	DSA1 室、DSA2 室	医师	8	单人最多 300 台手术
2		护士	4	—
3		技师	4	—
4	ERCP 机房	医师	4	单人最多 300 台手术
5		护士	2	—
6		技师	2	—
总计			24	—

(2) 工作制度

根据建设单位提供资料，负责该项目的医护人员每年工作 250 天，每天工作 8 小时，实行白班单班制。

(3) 工作负荷

根据建设单位提供资料，本项目 DSA 投入运行后每台 DSA 预计年最大手术量为 600 台，主要从事心脏血管、神经介入、外周和综合介入手术；本项目 ERCP 投入运行后预计年最大手术量为 600 台，主要从事胰胆疾病的治疗。

1.2 项目选址及周边环境保护目标

1.2.1 项目地理位置

龙游健康产业中心位于浙江省衢州市龙游县永安路与文靖路交叉口西侧，龙游健康产业中心东临文靖路，南临永安路，西临文钦路，北临集贤路。本项目位于医

技楼一层 DSA1 室和 DSA2 室及二层 ERCP 机房。项目地理位置见附图 1。

1.2.2 项目周边环境关系

(1) 项目外部建筑环境关系

本项目位于医技楼，医技楼东侧和南侧为院内道路，西侧通过连廊与门诊楼相连，北侧通过连廊与病房楼相连。总平面布置和周边关系见附图 3。

DSA1 室东距文靖路 194m，南距永安路 147m，西南距行政综合楼 53m，西距门诊楼 34m，北距病房楼 95m。DSA2 室东距文靖路 183m，南距永安路 147m，西距门诊楼 45m，北距病房楼 94m。ERCP 机房东距文靖路 186m，南距永安路 192m，西距门诊楼 41m，北距病房楼 57m。

(2) 项目机房周边环境关系

项目 DSA1 室东侧为控制室、刷手间、南侧和西侧为室内过道，北侧为前室，楼上为免疫、体液、缓冲间和走廊，楼下为地下停车场；DSA2 室东侧为污物通道，南侧为室内过道，西侧为控制室、刷手间，北侧为前室和污物间，楼上为更衣、UPS 间和走廊，楼下为地下停车场；ERCP 机房东侧为准备间和控制室，南侧为室内过道，西侧为内镜、北侧为医护走道，楼上为无菌品库、一次性拆包、室内过道，楼下为 CT、胃肠、控制室、报告区。

项目平面布置图见附图 2-1 和附图 2-2，地下一层平面图见附图 5-1，一层平面图见附图 5-2，二层平面图见附图 5-3，三层平面图见附图 5-4。

1.2.3 相关政策符合性

(1) 总体规划符合性

根据《龙游城市总体规划（2006-2020）》，本项目所在位置位于第三产业布局；根据规划中产业发展向导可知，第三产业发展重点以中心城市为依托，形成服务全面的综合服务中心。本项目为医疗服务项目，属于第三产业主导发展的医疗服务中心，项目实施后对周围环境影响程度均能满足相关要求，因此，本项目的实施符合龙游县城市总体规划。

(2) 土地利用规划符合性

本项目选址在龙游县永安路与文靖路交叉口西侧龙游健康产业中心医技楼，属于规划的允许建设区范围内，用地性质为医院用地（A51）。

(3) 《龙游县“三线一单”生态环境分区管控方案》符合性

根据《龙游县“三线一单”生态环境分区管控方案》，本项目位于“浙江省衢州市龙游县中心城区城镇生活重点管控区（ZH33082520016）”，该单元空间布局引导为：禁止新建、扩建三类工业项目，现有三类工业项目改建不得增加污染物排放总量，鼓励现有三类工业项目搬迁关闭。禁止新建涉及一类重金属、持久性有机污染物排放等环境健康风险较大的二类工业项目。除工业功能区（小微园区、工业集聚点）外，原则上禁止新建其他二类工业项目。现有二类工业项目改建、扩建，不得增加管控单元污染物排放总量。严格执行畜禽养殖禁养区规定。推进城镇绿廊建设，建立城镇生态空间与区域生态空间的有机联系。本项目为医院核技术利用项目，隶属于医疗服务项目，不属于工业项目，因此符合《龙游县“三线一单”生态环境分区管控方案》的要求。

（4）产业政策

本项目属于《产业结构调整指导目录（2019年本）》（2021年修改）中第十三项“医药”中第5款“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”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

（5）污染物达标排放符合性

环境影响预测表明，本项目运营过程中产生的电离辐射和废气经采取一定的辐射防护和治理措施后，对周围环境与公众健康的辐射影响是可接受的，可以做到达标排放。

（6）选址合理性分析

本项目用地属于医院用地，辐射工作场所位于医技楼一层和二层，用房性质为医疗用房，项目周围无环境制约因素。项目建设符合总体规划、土地利用总体规划、《龙游县“三线一单”生态环境分区管控方案》和国家产业政策。辐射工作场所实体边界外50m评价范围无自然保护区、风景名胜区、饮用水水源保护区、居民区及学校等环境敏感区。项目运营过程产生的电离辐射，经采取一定的辐射防护措施后，对周围环境与公众造成的影响是可接受的，故本项目的选址是合理的。

1.2.4 “三线一单”符合性分析

根据《关于以改善环境质量为核心加强环境影响评价管理的通知》（环环评[2016]150号），要求强化“三线一单”的约束作用，建立“三挂钩”机制，“三管齐下”切实维护群众的环境权益。“三线一单”即“生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和环境准入负面清单”，项目建设应强化“三线一单”约束作用。

（1）生态保护红线

本项目位于浙江省衢州市龙游县永安路与文靖路交叉口西侧，属于浙江省衢州市龙游县中心城区城镇生活重点管控区（ZH33082520016），不涉及生态保护红线，因此本项目符合生态保护红线的要求。

（2）环境质量底线

根据环境质量现状监测结果，本项目工作场所及周围 X- γ 辐射剂量率属于正常本底范围。在落实本报告提出的各项污染防治措施后，不会对周围环境产生不良影响，能维持周边环境质量现状，满足该区域环境质量功能要求，因此本项目符合环境质量底线要求。

（3）资源利用上线

本项目主要能源为电能，项目电能主要依托县城电力管网，且利用效率高。总体而言，本项目符合资源利用上线的要求。

（4）生态环境准入清单

本项目为医院使用 II 类射线装置项目，不属于工业类项目，满足管控措施，不在环境功能区负面清单内，符合环境准入负面清单的要求。

综上所述，本项目不涉及生态保护红线、符合环境质量底线、资源利用上线和环境准入负面清单的要求，本项目的建设符合“三线一单”要求。

1.2.5 实践正当性分析

本项目的建设目的在于开展放射诊疗工作，最终是为了治病救人。医院在使用过程中，对射线装置的使用将按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，对射线装置的安全管理将建立相应的规章制度。因此，在正确使用和管理射线装置的情况下，可以将该项目辐射产生的影响降至尽可能小。本项目产生的辐射给职业人员、公众及社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术应用实践

具有正当性，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“实践的正当性”原则。

1.3 原有核技术利用项目情况

本项目为新建项目，不涉及原有核技术利用项目。

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
	以下空白							

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
	以下空白									

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

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) /剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
	以下空白									

(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	—	150	1300	影像诊断与介入治疗	DSA1 室	新增
2	DSA	II类	1	—	150	1300	影像诊断与介入治疗	DSA2 室	新增
3	ERCP	II类	1	—	150	1300	影像诊断与介入治疗	ERCP 机房	新增

(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	
	以下空白												

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
臭氧和氮氧化物	气体	/	/	少量	少量	少量	不暂存	经大气扩散、分解，其影响可不考虑。

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》，中华人民共和国主席令第 9 号，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》，2002 年 10 月 28 日通过，自 2003 年 1 月 1 日起施行；2016 年 7 月 2 日第一次修正；2018 年 12 月 29 日第二修正；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，中华人民共和国主席令第 6 号，2003 年 10 月 1 日实施；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》，2017 年 7 月 16 日国务院令第 682 号修订，2017 年 10 月 1 日起施行；</p> <p>(5) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），2020 年 11 月 5 日由生态环境部部务会议审议通过，2021 年 1 月 1 日起实施；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令第 449 号，2019 年 3 月 2 日《国务院关于修改部分行政法规的决定》（国务院令第 709 号）修订，2019 年 3 月 2 日施行；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（国家环保总局第 31 号令；根据 2017 年 12 月 20 日环境保护部部务会议通过《环境保护部关于修改部分规章的决定》修正；根据 2019 年 7 月 11 日生态环境部部务会议审议通过《生态环境部关于废止、修改部分规章的决定》修正；根据 2021 年 1 月 4 日生态环境部部务会议审议通过《关于废止、修改部分生态环境规章和规范性文件的决定》修正）；</p> <p>(8) 《关于发布<射线装置分类>的公告》，环境保护部公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日起施行；</p> <p>(9) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，中华人民共和国环境保护部第 18 号令，2011 年 5 月 1 日起施行；</p> <p>(10) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》，国家环保总局，环发[2006]145 号，2006 年 9 月 26 日；</p> <p>(11) 《浙江省建设项目环境保护管理办法》省政府令第 388 号，2021 年 2 月 10 日修正；</p>
------------------	--

	<p>(12) 《浙江省辐射环境管理办法》省政府令第 388 号，2021 年 2 月 10 日修正；</p> <p>(13) 《关于开展医疗机构辐射安全许可和放射诊疗许可办事流程优化工作的通知》浙江省生态环境厅浙江省卫生健康委员会，浙环函〔2019〕248 号；</p> <p>(14) 《浙江省环境保护厅关于发布<省环境保护主管部门负责审批环境影响评价文件的建设项目清单（2015 年本）>及<设区市环境保护主管部门负责审批环境影响评价文件的重污染、高环境风险以及严重影响生态的建设项目清单（2015 年本）>的通知》浙环发[2015]38 号；</p> <p>(15) 《省生态环境主管部门负责审批环境影响评价文件的建设项目清单（2019 年本）》浙江省生态环境厅，浙环发[2019]22 号；</p> <p>(16) 《浙江省生态环境保护条例》，自 2022 年 8 月 1 日起施行。</p>
<p>技 术 标 准</p>	<p>(1) 《建设项目环境影响评价技术导则总纲》（HJ 2.1-2016）；</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》（HJ 10.1-2016）；</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) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）；</p> <p>(6) 《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）；</p> <p>(7) 《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB 8999-2021）。</p>
<p>其 他</p>	<p>(1) 龙游县城市发展投资有限公司环境影响评价委托书；</p> <p>(2) 龙游县城市发展投资有限公司提供的设计图纸；</p> <p>(3) 龙游县城市发展投资有限公司提供的其它技术资料；</p> <p>(4) 《浙江省环境天然贯穿辐射水平调查研究》。</p>

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

根据本项目的特点，结合《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）的相关规定，本项目评价范围为 DSA1 室、DSA2 室和 ERCP 机房实体屏蔽物边界外 50m 区域（见附图 3）。

7.2 保护目标

本项目与其周围环境关系如附图 3 所示，DSA1 室、DSA2 室和 ERCP 机房实体屏蔽物边界外 50m 区域内主要为医院内部区域，不涉及居民区、学校等环境保护敏感点。

结合本项目的的评价范围，确定本项目的环境保护目标是从事该项目辐射工作的医务人员及辐射工作场所周围 50m 范围内活动的非本项目工作人员和公众人员。本项目环境保护目标如下表所示。

表 7-1 本项目环境保护目标信息

环境保护目标	方位	距离本项目实体边界最近距离（m）		规模	
		水平	垂直		
DSA 1 室	控制室、刷手间	东侧	0	0	10 人次/d
	室内过道	南侧	0	0	100 人次/d
	室内过道	西侧	0	0	100 人次/d
	前室	北侧	0	0	20 人次/d
	免疫、体液、缓冲间 和走廊	楼上	0	6.0	100 人次/d
	地下停车场	楼下	0	-5.7	1000 人次/d
DSA 2 室	污物通道	东侧	0	0	100 人次/d
	室内过道	南侧	0	0	100 人次/d
	控制室、刷手间	西侧	0	0	10 人次/d
	前室、污物间	北侧	0	0	20 人次/d
	更衣、UPS 间和走廊	楼上	0	6.0	100 人次/d
	地下停车场	楼下	0	-5.7	1000 人次/d
ERCP 机房	控制室、准备间	东侧	0	0	5 人次/d
	室内过道	南侧	0	0	100 人次/d
	内镜	西侧	0	0	100 人次/d
	医护走道	北侧	0	0	100 人次/d

无菌品库、一次性拆包、室内过道	楼上	0	4.8	100 人次/d
CT、胃肠、控制室、报告区	楼下	0	-6.0	100 人次/d
其它区域	周边 50m 范围内			2000 人次/d

7.3 评价标准

(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

4.3.2.1 款 应对个人受到的正常照射加以限制，以保证本标准 6.2.2 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当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。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

B1.1.1.1 应对任何工作人员的照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

a) 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；本项目取其四分之一即 5mSv 作为剂量约束值。

b) 任何一年中的有效剂量，50mSv；

d) 四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv；本项目取其四分之一即 125mSv 作为医生手部的剂量约束值。

B1.2. 公众照射

B1.2.1 剂量限值

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下述限值：

a) 年有效剂量，1mSv；本项目取其四分之一即 0.25mSv 作为剂量约束值。

6.4 辐射工作场所的分区

应把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。

6.4.1 控制区

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

6.4.2 监督区

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

(2) 《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）

本标准规定了放射诊断的防护要求，包括 X 射线影像诊断和介入放射学用设备防护性能、机房防护设施、防护安全操作要求及其相关防护检测要求。

本标准适用于 X 射线影像诊断和介入放射学。

6 X 射线设备机房防护设施的技术要求

6.1 X 射线设备机房布局

6.1.1 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。

6.1.2 X 射线设备机房（照射室）的设置应充分考虑邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全。

6.1.3 每台固定使用的 X 射线设备应设有单独的机房，机房应满足使用设备的布局要求。

6.1.5 除床旁摄影设备、便携式 X 射线设备和车载式诊断 X 射线设备外，对新建、改建和扩建项目和技术改造、技术引进项目的 X 射线设备机房，其最小有效使用面积、最小单边长度应符合下表的规定。

表 7-2 X 射线设备机房（照射室）使用面积及单边长度的要求

设备类型	机房内最小有效使用面积 m ²	机房内最小单边长度 m
单管头 X 射线设备（含 C 形臂，乳腺 CBCT）	20	3.5

机房内有效使用面积指机房内可划出的最大矩形的面积。
机房内单边长度指机房内有效使用面积的最小边长。

6.2 X 射线设备机房屏蔽

6.2.1 不同类型 X 射线设备（不含床旁摄影设备和便携式 X 射线设备）机房的屏蔽防护应不低于下表的规定。

表 7-3 不同类型 X 射线设备机房屏蔽防护铅当量厚度要求

机房类型	有用线束方向铅当量 mmPb	非有用线束方向铅当量 mmPb
C 形臂 X 射线设备机房	2.0	2.0

标称 125kV 以上的摄影机房	3.0	2.0
------------------	-----	-----

6.2.2 医用诊断 X 射线防护中不同铅当量屏蔽物质厚度的典型值参见附录 C 中表 C.4~表 C.7。

6.2.3 机房的门和窗关闭时应满足表 7-3 的要求。

6.3 X 射线设备机房屏蔽体外剂量水平

6.3.1 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

a)具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于 2.5 μ Sv/h；测量时，X 射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间；

6.4 X 射线设备工作场所防护

6.4.1 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。

6.4.2 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。

6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。

6.4.4 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。

6.4.5 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。

6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。

6.4.7 受检者不应在机房内候诊；非特殊情况，检查过程中陪检者不应滞留在机房内。

6.4.10 机房出入门宜处于散射辐射相对低的位置。

6.5 X 射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求

6.5.1 每台 X 射线设备根据工作内容，现场应配备不少于下表基本种类要求的工作人员、受检者防护用品与辅助防护设施，其数量应满足开展工作需要，对陪检者应至少配备铅橡胶防护衣。

表 7-4 个人防护用品好辅助防护设施配置要求

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、床侧防护屏/床侧防护帘 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。

6.5.3 除介入防护手套外，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.25mmPb；介入防护手套铅当量应不小于 0.025mmPb；甲状腺、性腺防护用品铅当量应不小于 0.5mmPb；移动铅防护屏风铅当量应不小于 2mmPb。

6.5.4 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 0.5mmPb。

6.5.5 个人防护用品不使用时，应妥善存放，不应折叠放置，以防止断裂。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理位置和场所描述

龙游健康产业中心位于浙江省衢州市龙游县永安路与文靖路交叉口西侧，龙游健康产业中心东临文靖路，南临永安路，西临文钦路，北临集贤路。本项目位于医技楼一层 DSA1 室和 DSA2 室及二层 ERCP 机房。

8.2 辐射环境背景监测

1、监测目的：了解项目所在地周围辐射环境背景水平。

2、监测因子：X- γ 辐射剂量率。

3、监测依据及方法：依据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）和《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）的要求和方法进行现场监测。

4、监测仪器

监测仪器的参数详见下表。

表 8-1 监测设备

仪器型号	FH 40G-L10+ FHZ 672E-10
仪器名称	便携式 X、 γ 辐射周围剂量当量率仪
生产厂家	Thermo SCIENTIFIC
仪器编号	05035404
能量范围	40KeV~4.4MeV
量 程	主机：10nSv/h~100mSv/h；探头：1nSv/h~100 μ Sv/h
校准单位	上海市计量测试技术研究院
校准证书	2022H21-10-3832004001
校准日期	2022 年 03 月 01 日

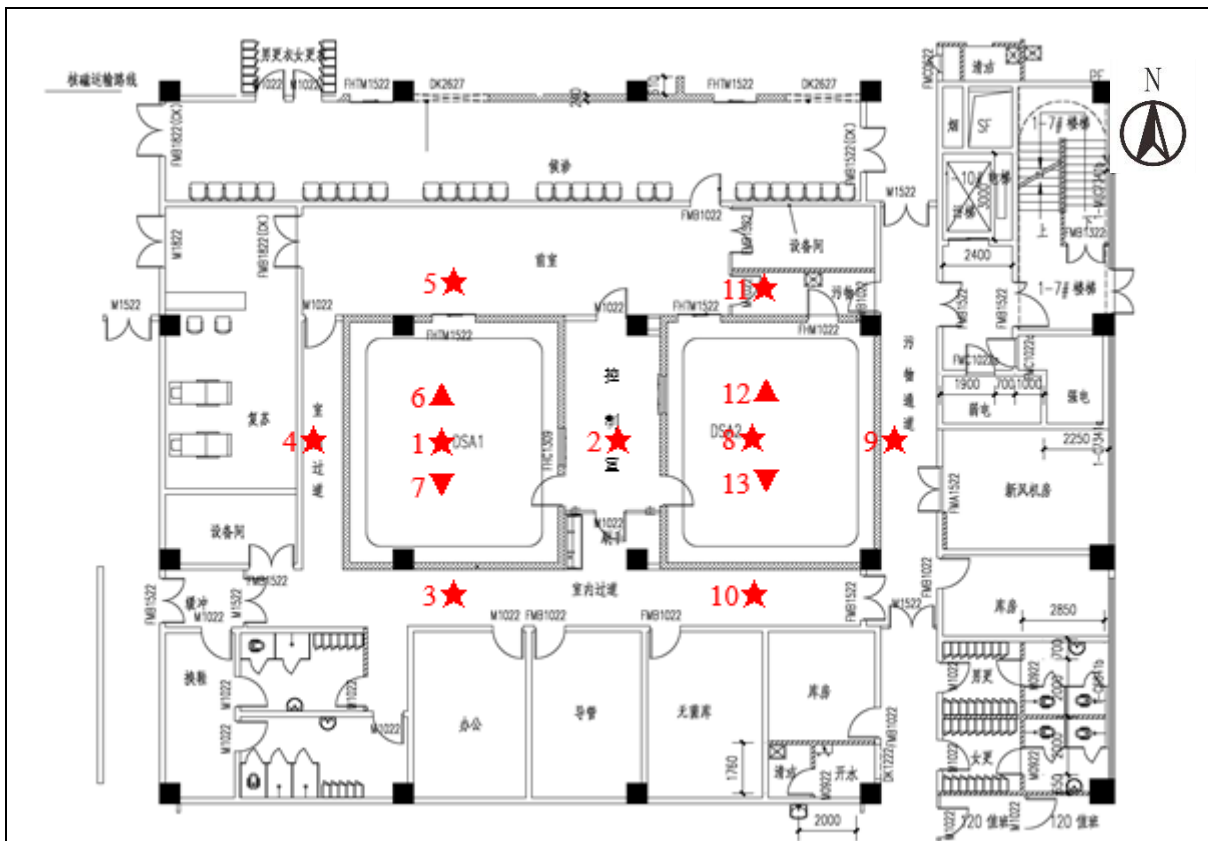
5、监测单位：浙江建安检测研究院有限公司。

6、监测时间：2022 年 08 月 24 日。

7、监测条件：天气阴；温度 39℃；空气湿度 40%。

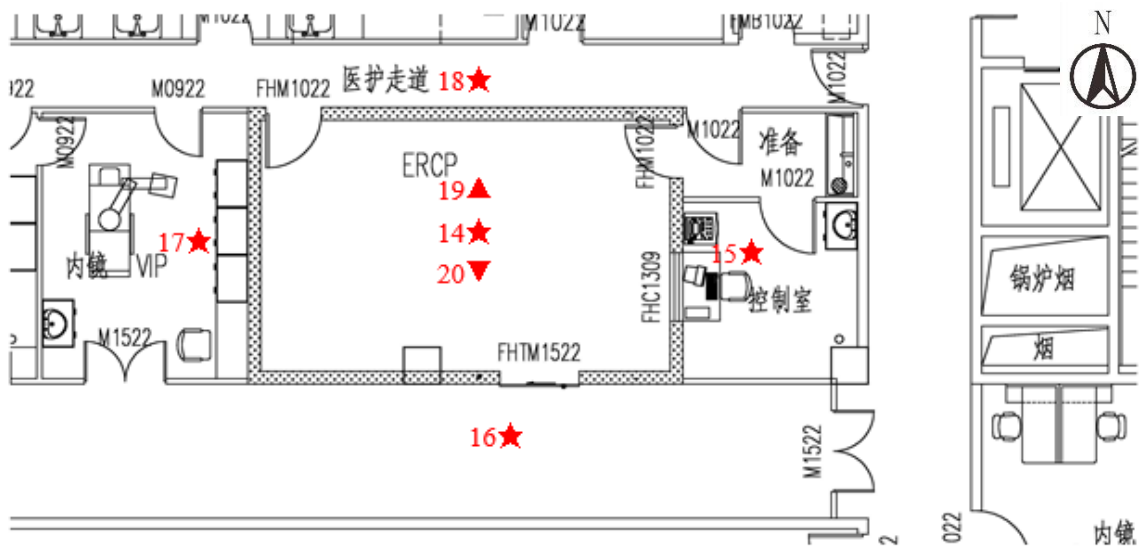
8、监测点位

根据项目的平面布置和周围环境情况布设监测点。监测点位示意详见图 8-1、图 8-2 和图 8-3。



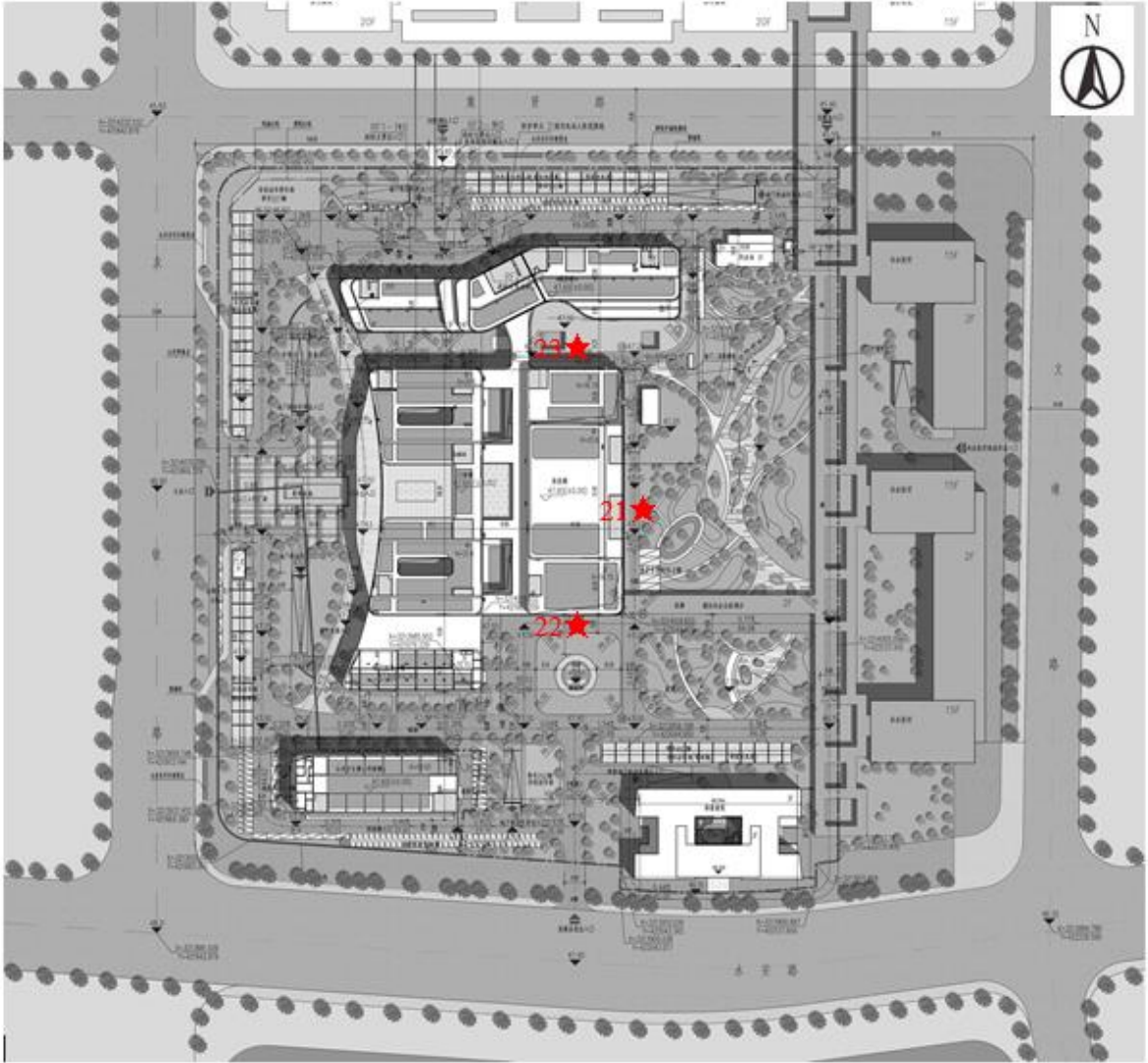
监测点：★ 楼上监测点：▲ 楼下监测点：▼

图 8-1 X-γ 辐射剂量率现状监测布点示意图



监测点：★ 楼上监测点：▲ 楼下监测点：▼

图 8-2 X-γ 辐射剂量率现状监测布点示意图



监测点：★

图 8-3 X-γ 辐射剂量率现状监测布点示意图

9、质量保证措施

根据《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）、《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）和《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）中有关辐射环境监测质量保证一般程序和实验室的质量体系文件（包括质量手册、程序文件、作业指导书）实行全过程质量控制，保证此次监测结果科学、有效。辐射环境监测质量保证主要内容有：

- ①监测机构通过了计量认证；
- ②监测前制定了详细的监测方案及实施细则；
- ③合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性和可比性；

④监测所用仪器已通过计量部门校准、检定合格，且在校准、检定有效使用期内使用。监测仪器与所测对象在频率、量程、响应时间等方面相符合，以保证获得准确的测量结果。测量实行全过程质量控制，严格按照《质量手册》和《程序文件》及仪器作业指导书的有关规定执行；

⑤监测人员均参加过相关的电离辐射监测培训；

⑥每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常；

⑦现场监测严格按照规定的监测点位、方法、记录内容等进行，按照统计学原则处理异常数据和监测数据；

⑧建立完整的文件资料。仪器校准说明书、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；

⑨监测报告严格实行三级审核制度，经过校对、审核，签发。

10、监测结果

对周围辐射环境监测结果详见下表。

表 8-2 机房周围辐射环境现状监测结果

监测点编号	监测点位置	监测结果 (nGy/h)
1#	拟建 DSA1 室内	208±4
2#	拟建控制室内	204±2
3#	拟建室内过道	192±3
4#	拟建室内过道	189±4
5#	拟建前室	191±3
6#	拟建 DSA1 室楼上	208±2
7#	拟建 DSA1 室楼下	193±3
8#	拟建 DSA2 室内	203±2
9#	拟建污物通道	183±4
10#	拟建室内通道	187±3
11#	拟建污物间	177±4
12#	拟建 DSA2 室楼上	200±2
13#	拟建 DSA2 室楼下	183±2
14#	拟建 ERCP 机房内	201±2
15#	拟建控制室内	182±2
16#	拟建室内通道	169±3

17	拟建 ERCP 机房西侧	187±1
18	拟建医护通道	168±4
19	拟建 ERCP 机房楼上	184±2
20	拟建 ERCP 机房楼下	162±3
21	在建医技楼东侧道路上	135±2
22	在建医技楼南侧道路上	137±2
23	在建医技楼北侧空地	173±2

注：1、测量时探头距离地面约 1m；

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

3、环境 X-γ 辐射剂量率=读数平均值×校准因子 k_1 ×仪器检验源效率因子 k_2 ÷空气比释动能和周围剂量当量的换算系数-屏蔽修正因子 k_3 ×测量点宇宙射线响应值 D_c ，校准因子 k_1 为 1.12，仪器使用 ^{137}Cs 进行校准，效率因子 k_2 取 1，换算系数为 1.20Sv/Gy， k_3 楼房取 0.8、平房取 0.9、原野和道路取 1，仪器对宇宙射线的响应值为 11nGy/h。

11、评价结论

由表 8-2-所列的监测结果可知：

本项目工作场所室内和室外的 X-γ 辐射剂量率现状分别为 162nGy/h~208nGy/h（即 $16.2\times 10^{-8}\text{Gy/h}\sim 20.8\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ）和 135nGy/h ~ 173nGy/h（即 $13.5\times 10^{-8}\text{Gy/h}\sim 17.3\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ），根据《浙江环境天然贯穿辐射水平调查研究》可知，金华地区（龙游原属于金华地区）建筑物室内的 γ 辐射剂量率在 $6.2\times 10^{-8}\text{Gy/h}\sim 46.7\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ，道路 γ 辐射剂量率在 $4.7\times 10^{-8}\text{Gy/h}\sim 18.5\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ，故本项目工作场所辐射水平属于天然外照射水平，未发现辐射异常情况。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 施工期工艺分析

本项目为龙游县城市发展投资有限公司龙游健康产业中心项目中辐射部分，本项目施工期内容已在《龙游县城市发展投资有限公司龙游健康产业中心项目环境影响报告书》分析，本次评价不进行分析。

本项目 DSA 和 ERCP 的调试应请设备厂家专业人员进行，在设备调试阶段，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在机房门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。人员离开时机房必须上锁并派人看守。

9.2 工程设备和工艺分析

9.2.1 设备组成

(1) DSA

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

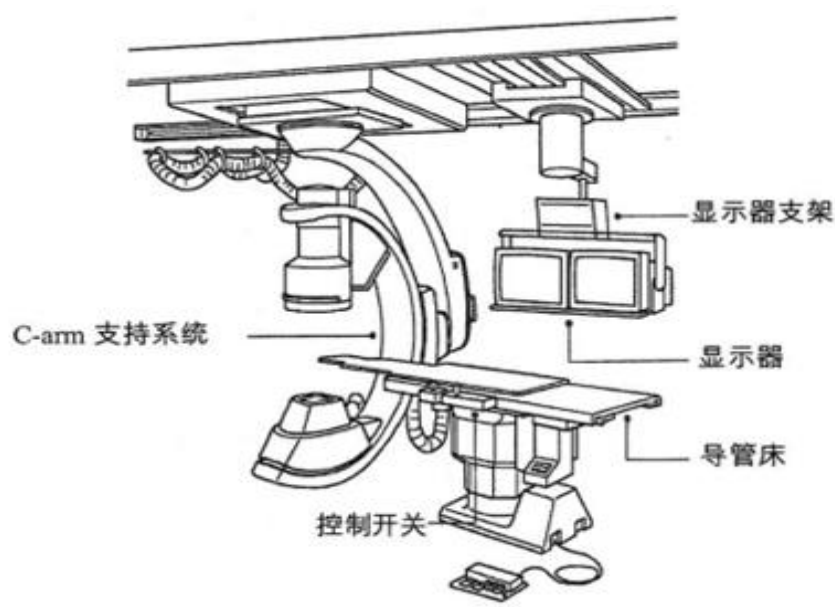


图 9-1 典型 DSA 装置整体外观示意图

(2) ERCP

ERCP 即经内镜逆行胰胆管造影，是目前微创治疗胆胰疾病的主要手段之一，是

将内镜经口插入十二指肠降部，经十二指肠乳头导入专用器械进入胆管或者胰管内，在 X 线透视下注射造影剂造影、导入子内镜/超声探头观察，完成对胆、胰疾病的诊断，并在诊断基础之上实施相应介入治疗的技术的总称。ERCP 手术用透视摄影 X 射线机主要由 X 射线诊断机、高压注射器、电子计算机图像处理系统、操作台、磁盘或磁带机、多幅照相机组成。

9.2.2 工作原理

产生 X 射线的装置主要由 X 射线管和高压电源组成，X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成，阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中，当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度，这些高速电子到达靶面为靶所突然阻挡从而产生 X 射线。典型 X 射线管结构详见图 9-2。

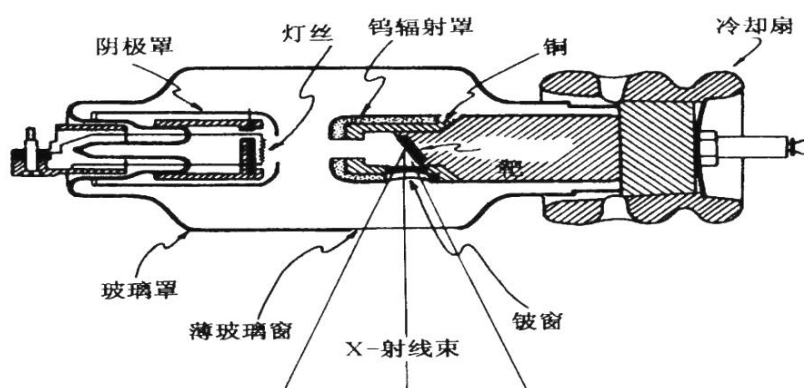


图 9-2 典型 X 射线管结构图

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

DSA 和 ERCP 是通过电子计算机进行辅助成像的造影方法，是应用计算机程序进行两次成像完成的。在注入造影剂之前，首先进行第一次成像，并用计算机将图像转换成数字信号储存起来。注入造影剂后，再次成像并转换成数字信号。两次数字相减，消除相同的信号，得知一个只有造影剂的图像。这种图像较以往所用的常

规造影所显示的图像更清晰和直观，一些精细的结构亦能显示出来。由于造影剂用量少，浓度低，损伤小、较安全；节省胶片使造影价格低于常规造影。

9.2.3 操作流程及产污环节

(1) 操作流程

DSA 和 ERCP 操作流程基本一致，主要操作流程如下：

接诊患者后根据其病情确认诊疗方法，告知患者及家属采用介入治疗的辐射危害。患者进入机房后，技师或护士协助摆位后离开机房（患者留下）。开启 DSA 或 ERCP 设备，技师在控制室内首次拍片初步确认病灶部位后，手术医生穿戴好防护用品进入机房，在透视操作下插入导管，输入造影剂，之后离开机房，技师在控制室内再次拍片，当确诊病灶部位后，手术医生穿戴好防护用品后再次进入机房进行介入治疗直到治疗结束，关机。DSA 或 ERCP 设备在进行曝光时都分为两种情况：

第一种情况，透视。进行介入手术治疗时，为更清楚的了解病人情况时会有连续曝光，并采用连续脉冲透视，此时医生位于铅帘后身着铅橡胶围裙、铅防护眼镜在曝光室内对病人进行直接的介入手术操作。该情况在实际运行中占绝大多数，是本次评价的重点。

第二种情况，减影。操作人员采取隔室操作的方式（即技师在控制室内对病人进行曝光），医生通过铅玻璃观察窗观察机房内病人情况。

(2) 产污环节分析



图 9-3 DSA 和 ERCP 操作流程及产污环节图

DSA 和 ERCP 为 II 类射线装置，射线装置运行时，主要污染因子为 X 射线，注入的造影剂不含放射性，同时射线装置均采用先进的数字显影技术，不使用胶片冲洗显影，不会产生废显影液、废定影液和废胶片。射线装置操作流程及产污环节如图 9-3 所示。

综上所述，DSA 和 ERCP 在开机状态下，产生的污染因子主要为 X 射线、臭氧和氮氧化物，无其他放射性废气、废水及固体废物产生。

9.2.4 人流、物流路径规划情况

(1) DSA1 室（DSA2 室）

1) 工作人员路径：本项目工作人员自室内过道经刷手间进入控制室，自控制室进入 DSA1 室（DSA2 室）。

2) 患者路径：本项目患者自前室进入 DSA1 室（DSA2 室）。

3) 固废路径：本项目无放射性固废产生，本项目介入手术产生的药棉、纱布和手套等医疗废物在术后收集后暂存于污物间。

DSA1 室（DSA2 室）人流、物流路径规划图见附图 6-1。

(2) ERCP 机房

1) 工作人员路径：本项目工作人员自医护走道经准备间进入控制室和 ERCP 机房。

2) 患者路径：本项目患者自室内过道进入 ERCP 机房。

3) 固废路径：本项目无放射性固废产生，本项目介入手术产生的药棉、纱布和手套等医疗废物在术后收集后暂存于污洗间。

ERCP 机房人流、物流路径规划图见附图 6-2。

9.3 污染源项描述

X 射线装置在辐射场中产生的射线通常分为二类：一类为有用线束（又称初级辐射），是直接由 X 射线管出射口发出，经限束装置准直能使受检部位成像的辐射线束；另一类为非有用线束（又称次级辐射），包括有用线束照射到受检者身体或诊断床等其他物体时产生的散射线和球管源组件防护套泄漏发出的漏射线。

有用线束能量相对较高，剂量较大，而散射线和漏射线的辐射剂量相对较小。

X 射线装置在使用过程中产生的主要辐射影响及影响途径如下：

9.3.1 正常工况

正常工作状况下，X 线管产生 X 射线。X 射线在开机时产生，关机时消失。X 射线防护所要考虑的是 X 射线的直射、散射和泄漏辐射。直射、散射和泄漏射线可能会穿透 DSA 机房和 ERCP 机房屏蔽对隔室操作的医生产生辐射影响，介入手术中机房内手术医生、护理人员与患者同室，受到 X 射线的外照射。X 射线装置运行时，机房内会有微量臭氧、氮氧化物等有害气体产生。

另外，DSA 在运行时诊断结果在显示屏上观察或采用数字技术进行打印，不使用胶片冲洗显影，不会产生废显影液、废定影液和废胶片。

9.3.2 事故工况

本评价项目使用 DSA 和 ERCP 射线装置时，可能发生的辐射事故有以下几种：

(1) 装置在运行时，由于门灯联锁系统失效，人员误入或滞留在机房内而造成误照射；(2) 工作人员或病人家属还未全部撤离治疗机房，操作间人员启动设备，造成滞留人员的误照射；(3) X 射线装置工作状态下，没有关闭防护门对人员造成的误照射。事故工况产生的污染物与正常工况下相同。

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

本项目 2 台 DSA 分别位于医技楼 1 层 DSA1 室和 DSA2 室内。ERCP 位于医技楼 2 层 ERCP 机房内。辐射工作场所所在区域及六面布局情况见下表。

表 10-1 辐射工作场所位置及六面布局一览表

辐射场所	所在区域	方位	周边房间及场所
DSA1 室	医技楼 1 层	东侧	控制室、刷手间
		南侧	室内过道
		西侧	室内过道
		北侧	前室
		楼上	免疫、体液、缓冲间和走廊
		楼下	地下停车场
DSA2 室		东侧	污物通道
		南侧	室内过道
		西侧	控制室、刷手间
		北侧	前室、污物间
		楼上	更衣、UPS 间和走廊
		楼下	地下停车场
ERCP 机房	医技楼 2 层	东侧	控制室、准备间
		南侧	室内过道
		西侧	内镜
		北侧	医护走道
		楼上	无菌品库、一次性拆包、室内过道
		楼下	CT、胃肠、控制室、报告区

本项目平面布置情况见附图 2-1 和附图 2-2，从本项目平面布局看，本项目辐射工作场所相对独立，与其他场所有明显隔断，辐射工作场所各进出口均设有屏蔽门，既方便工作人员和病人的进出，又利于辐射工作场所周边环境的辐射防护。本项目病人流动与医生流动相对独立，通道及屏蔽门宽度可以满足病人手推车辆的通行，方便治疗。从环境保护和辐射安全与防护的角度来看，该本项目辐射工作场所的平面布置是合理的。

10.1.2 辐射工作场所分区管理

(1) 分区依据和原则

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

控制区：在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散，以及在一定程度上

预防或限制潜在照射，要求或可能要求专门防护手段和安全措施的限定区域。在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志，并给出相应的辐射水平和污染水平指示。运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可证）和实体屏蔽（包括门锁和联锁装置）限制进出控制区，放射性操作区应与非放射性工作区隔开。

监督区：未被确定为控制区，正常情况下不需要采取专门防护手段或安全措施，但要不断检查其职业照射状况的区域。在监督区入口处的合适位置张贴辐射危险警示标记；并定期检查工作状况，确认是否需要防护措施和安全条件，或是否需要更改监督区的边界。

(2) 本项目分区管理情况

本项目控制区和监督区划分情况见表 10-2 和附图 4。

表 10-2 本项目控制区和监督区的划分情况

序号	场所名称	控制区	监督区
1	DSA1 室	机房内部	控制室、刷手间、室内过道和前室
2	DSA2 室	机房内部	控制室、刷手间、污物通道、前室和污物间
3	ERCP 机房	机房内部	控制室、准备间、室内过道、内镜和医护走道

管理要求：控制区通过实体屏蔽措施、警示标志等进行控制管理，在射线装置使用时，除影像诊断和介入治疗的工作人员和患者外，禁止其他人员进入；监督区通过辐射警示标志提醒人员尽量避开该区域，并委托有资质的单位定期对监督区进行监测、检查，如果发现异常应立即进行整改，整改完成后方可继续使用射线装置。

10.1.3 辐射工作场所辐射防护屏蔽设计及平面设计

依据建设单位提供的资料，本项目拟采取的辐射防护屏蔽措施及达标性分析详见下表。

表 10-3 本项目辐射工作场所辐射防护屏蔽措施及达标性分析

机房名称	屏蔽防护体	屏蔽防护设计厚度	折合铅当量 /mmPb	标准要求 (铅当量) /mmPb	达标分析
DSA 1 室 DSA 2 室	四周墙体	24cm 实心砖+30mm 防护涂料	5.0	2.0	达标
	顶棚	25cm 混凝土+10mm 防护涂料	3.9	3.0	达标
	地坪	25cm 混凝土+10mm 防护涂料	3.9	2.0	达标
	防护门	内衬 4mm 铅板	4.0	2.0	达标
	观察窗	20mm 铅玻璃	4.0	2.0	达标
ERC P 机 房	四周墙体	24cm 实心砖+30mm 防护涂料	5.0	2.0	达标
	顶棚	25cm 混凝土+10mm 防护涂料	3.9	3.0	达标
	地坪	25cm 混凝土+10mm 防护涂料	3.9	2.0	达标
	防护门	内衬 4mm 铅板	4.0	2.0	达标
	观察窗	20mm 铅玻璃	4.0	2.0	达标

注 1: 本项目使用的实心红砖密度不低于 1.65g/cm³, 铅密度为 11.3g/cm³, 防护涂料硫酸钡水泥密度不低于 2.79g/cm³, 混凝土密度不低于 2.35 g/cm³。

注 2: 混凝土折合铅当量数据参考《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)附录 C 公式及表 C.2 150kV(主射)相关参数进行保守折合, 25cm 混凝土折合成 2.9mmPb; 实心砖、硫酸钡涂料折合铅当量数据参考《放射防护实用手册》(主编: 赵兰才 张丹枫)第 105 页数据按照 24cm 实心砖等效为 2.0mmPb; 10mm 硫酸钡水泥等效为 1.0mmPb; 铅玻璃按取 4.6g/cm³ 核算等效屏蔽厚度, 20mm 铅玻璃折算为 4mmPb。

通过上表可知, 本项目 DSA1 室、DSA2 室和 ERCP 机房四面墙体、顶棚、地坪、防护门以及观察窗均采取了辐射屏蔽措施, 充分考虑了邻室(含楼上下)及周围场所的人员防护与安全, 且屏蔽厚度均高于有用线束和非有用线束铅当量防护厚度标准规定值。

表 10-4 本项目机房规格与标准对照表

机房	拟设置情况		标准要求		符合性评价
	最小单边长度 (m)	最小有效使用面积 (m ²)	最小单边长度 (m)	最小有效使用面积 (m ²)	
DSA1 室	7.22	53.4	3.5	20	符合
DSA2 室	6.71	49.6	3.5	20	符合
ERCP 机房	4.31	33.4	3.5	20	符合

通过上表可知, 本项目 DSA1 室和 DSA2 室的最小单边长度、最小有效使用面积均大于标准要求。

综上, 本项目 DSA1 室、DSA2 室和 ERCP 机房的布局、机房屏蔽均满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)中对 X 射线设备机房防护设施的技术要求。

10.1.4 辐射安全防护及环保设施

本项目 DSA 和 ERCP 射线装置污染因子主要为 X 射线, 对 X 射线的基本防护原则是减少照射时间、远离射线源及加以必要的屏蔽。本项目对 X 射线外照射的防护措施主要有以下几方面。

(1) 距离防护

工作区域将严格按照控制区和监督区划分实行“两区”管理, 且在机房患者防护门的醒目位置张贴固定的电离辐射警告标志并安装工作状态指示灯。限制无关人员进入, 以免受到不必要的照射。

(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时间, 也避免病人受到额外剂量的照射。

(3) 其他辐射安全防护措施

①机房患者防护门外设置电离辐射警告标志、醒目的工作状态指示灯，指示灯与门连锁，灯箱应设警示语句。本项目患者防护门为电动推拉门，设置红外线防夹装置。其它门为平开门，设置自动闭门装置。

②各控制室墙上拟张贴相应的辐射工作制度、操作规程、岗位职责等。

③DSA 和 ERCP 设备配备可升降的含铅悬挂防护屏，床侧配套防护铅帘，以减少对手术医生的受照剂量。

④患者防护门外设置黄色警戒线，警告无关人员请勿靠近。手术期间，陪护人员禁止进入机房。

⑤控制室和机房内设有急停按钮，DSA 和 ERCP 设备出束过程中，一旦出现异常，按动任一急停按钮，均可停止 X 射线出束，并在急停按钮旁设置醒目的中文提示。

⑥控制室面向机房的墙面设置有观察窗，可实时监控机房内情况并观察到防护门开闭情况，机房内将安装对讲系统，供控制室的工作人员通过对讲机与机房内的手术人员联系。

⑦近台操作的手术医生配备 2 枚个人剂量计，护士、技师配备 1 枚个人剂量计。医护人员需要在铅围裙外锁骨对应的领口位置佩戴剂量计，在铅围裙内躯干上再佩戴另一个剂量计，内外两个剂量计应有明显标记，防止剂量计戴反。每个季度及时对剂量计送检，建立个人剂量健康档案，并长期保存。

⑧机房拟设置动力通风装置，设计通风量满足通风次数不低于 4 次/h，保证机房内有良好的通风。

⑨配备相应的防护用品与辅助防护设施，其配置需求按照 GBZ130-2020 的要求进行配备。

表 10-5 本项目拟配备个人防护用品与标准对照表

机房名称	人员类型	本项目拟配置情况		《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 要求		是否符合要求
		个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施	
DSA1 室、 DSA2 室、 ERCP 机房	工作人员	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、铅衣、介入防护手套 15 套	铅悬挂防护屏/铅防护吊帘、床侧防护帘/床侧防护屏各 1 件	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套 选配：铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏/铅防护吊帘、床侧防护帘/床侧防护屏 选配：移动	符合

					铅防护屏风	
	患者和受检者	DSA 室铅橡胶性腺防护围裙、铅橡胶颈套各 1 件	—	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	—	符合
注：除介入防护手套为 0.025mmPb，其余个人防护用品和辅助防护设施的铅当量均不低于 0.5mmPb。						

10.2 三废的治理

根据工艺分析，本项目运行期间无放射性废水、放射性废气及放射性固体废物产生。本项目机房内设置通排风系统，通风换气次数每小时不少于 4 次，DSA 产生的少量臭氧和氮氧化物经通排风系统收集后最终排放至大气外环境中，。

按照《浙江省辐射环境管理办法》要求，本项目 DSA 需要报废处理时，建设单位应当对射线装置内的高压射线管进行拆解，并报颁发辐射安全许可证的生态环境部门核销。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目为龙游县城市发展投资有限公司龙游健康产业中心项目中辐射部分，本项目施工期内容已在《龙游县城市发展投资有限公司龙游健康产业中心项目环境影响报告书》分析，本次评价不进行分析。

本项目 DSA 和 ERCP 的调试应请设备厂家专业人员进行，建设单位不得自行调试设备。在设备调试阶段，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在机房门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。人员离开时机房必须上锁并派人看守。由于设备的调试均在机房内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可接受的。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 运行期正常工况辐射环境影响分析

本次评价对 DSA1 室、DSA2 室和 ERCP 机房周围辐射环境影响采用理论计算模式预测的方法进行影响分析。

(1) 设备技术参数

根据建设单位提供的相关资料，本项目拟使用的 DSA 和 ERCP 设备最大管电压 150kV，最大管电流 13000mA。为了防止球管烧毁并延长其使用寿命，DSA 和 ERCP 设备管电压和管电流都留有较大裕量，实际使用时管电压通常在 100kV 以下。出于保守考虑，本项目减影工况取管电压为 100kV，管电流为 500mA，透视工况取管电压为 80kV，管电流为 10mA。

(2) 机房外剂量率估算

1) 预测点的选取

分别选取第一术者位（铅衣内外、手部）、第二术者位（铅衣内外）、观察窗外 30cm 处（控制室操作位）、各防护墙外 30cm 处、各防护门外 30cm 处、楼上离地面 100cm 处和楼下距楼下地面 170cm 处，预测点位图见附图 7-1 和附图 7-2。

2) 源项

根据《医用外照射源的辐射防护》（国际放射防护委员会第 33 号出版物）图 2 可知，在 100kV，0.5mmCu 滤过条件下，距靶 1m 处的发生率为 1.776mGy/(mA·min)；80kV，0.5mmCu 滤过条件下，距靶 1m 处的发生率为 0.827mGy/(mA·min)。则 DSA 和 ERCP 减影工况（100kV，500mA）下距靶 1m 处的最大剂

量率为 $5.33 \times 10^7 \mu\text{Gy/h}$ ，透视工况（80kV，10mA）下距靶 1m 处的最大剂量率为 $4.96 \times 10^5 \mu\text{Gy/h}$ 。

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

3) 预测方法

①病人体表散射辐射影响分析

对于病人体表的散射 X 射线可以用反照率法估计。反照率法根据李德平、潘自强主编《辐射防护手册》（第一分册——辐射源与屏蔽）中公式（10.8）、（10.9）、（10.10）演化而来：

$$H_s = \frac{H_0 \cdot a \cdot B \cdot (s/400)}{(d_0 \cdot d_s)^2} \dots\dots\dots \text{式 11-1}$$

式中：

H_s —预测点处的散射剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

H_0 —距靶 1m 处的剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

a —患者对 X 射线的散射比；

s —散射面积， cm^2 ；

d_0 —源与病人的距离，m；

d_s —病人与预测点的距离，m；

B —屏蔽透射因子，按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）附录 C 中公式和参数计算，公式计算如下式：

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

式中：

B —屏蔽透射因子；

X —屏蔽材料厚度，mm；

α 、 β 、 γ —屏蔽材料对不同管电压 X 射线散射辐射衰减的有关的三个拟合参数。

具体参数见下表。

表 11-1 铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的拟合参数

管电压 (kV)	α	β	γ
80	4.04	21.69	0.7187
100 (主束)	2.500	15.28	0.7557
100 (散射)	2.507	15.33	0.9124

注：80kV 数据来自 NCRP REPORT No.147，其他数据来自 GBZ130-2020

②泄漏辐射影响分析

利用点源辐射进行计算，各预测点的泄漏辐射剂量率可用下式进行计算。

$$H = \frac{H_0 \cdot B}{R^2} \dots\dots\dots\text{式 11-3}$$

式中：

H —预测点处的泄漏辐射剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

H_0 —距靶点 1m 处的最大泄露剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；根据《医用外照射源的辐射防护》（国际放射防护委员会第 33 号出版物），医用 X 射线管离焦点 1m 处所测得的泄露辐射在空气中的比释动能不超过 1mGy/h，本项目保守取距靶点 1m 处的泄露剂量率为 1mGy/h。

R —靶点距预测点的距离，m；

B —屏蔽透射因子，按照式 11-2 计算。其中： α 、 β 、 γ ——屏蔽材料对不同管电压 X 射线泄漏辐射衰减的有关的三个拟合参数，见表 11-1。

根据式 11-1、式 11-2、式 11-3，本项目屏蔽透射因子计算见表 11-2，各预测点附加剂量率计算见表 11-3 至表 11-4。

表 11-2 屏蔽因子计算结果

预测点		防护情况	B(80kV)	B (100kV 散射)	B (100kV 主射)	
DSA1 室	1	第一术者位 (铅衣外)	0.5mmPb 铅帘	1.37E-02	—	—
		第一术者位 (铅衣内)	0.5mmPb 铅衣 +0.5mmPb 铅帘	1.43E-03	—	—
		第一术者位 (手部)	0.025mmPb 铅手套 +0.5mmPb 铅帘	1.21E-02	—	—
	2	第二术者位 (铅衣外)	0.5mmPb 铅帘	1.37E-02	—	—
		第二术者位	0.5mmPb 铅衣	1.43E-03	—	—

		(铅衣内)	+0.5mmPb 铅帘			
	3	东墙外 30cm 处	24cm 实心砖+30mm 防护涂料	1.28E-10	4.19E-07	2.78E-07
	4	南墙外 30cm 处	24cm 实心砖+30mm 防护涂料	1.28E-10	4.19E-07	2.78E-07
	5	西墙外 30cm 处	24cm 实心砖+30mm 防护涂料	1.28E-10	4.19E-07	2.78E-07
	6	北墙外 30cm 处	24cm 实心砖+30mm 防护涂料	1.28E-10	4.19E-07	2.78E-07
	7	楼上 100cm 处	25cm 混凝土+10mm 防护涂料	1.92E-10	5.38E-07	3.57E-07
	8	楼下 170cm 处	25cm 混凝土+10mm 防护涂料	1.92E-10	5.38E-07	3.57E-07
	9	患者防护门外 30cm 处	内衬 4mm 铅板	7.30E-09	5.14E-06	3.39E-06
	10	控制室防护门外 30cm 处	内衬 4mm 铅板	7.30E-09	5.14E-06	3.39E-06
	11	观察窗外 30cm 处	20mm 铅玻璃	7.30E-09	5.14E-06	3.39E-06
DSA2 室	12	第一术者位 (铅衣外)	0.5mmPb 铅帘	1.37E-02	—	—
		第一术者位 (铅衣内)	0.5mmPb 铅衣 +0.5mmPb 铅帘	1.43E-03	—	—
		第一术者位 (手部)	0.025mmPb 铅手套 +0.5mmPb 铅帘	1.21E-02	—	—
	13	第二术者位 (铅衣外)	0.5mmPb 铅帘	1.37E-02	—	—
		第二术者位 (铅衣内)	0.5mmPb 铅衣 +0.5mmPb 铅帘	1.43E-03	—	—
	14	东墙外 30cm 处	24cm 实心砖+30mm 防护涂料	1.28E-10	4.19E-07	2.78E-07
	15	南墙外 30cm 处	24cm 实心砖+30mm 防护涂料	1.28E-10	4.19E-07	2.78E-07
	16	西墙外 30cm 处	24cm 实心砖+30mm 防护涂料	1.28E-10	4.19E-07	2.78E-07
	17	北墙外 30cm 处	24cm 实心砖+30mm 防护涂料	1.28E-10	4.19E-07	2.78E-07
	18	楼上 100cm 处	25cm 混凝土+10mm 防护涂料	1.92E-10	5.38E-07	3.57E-07
	19	楼下 170cm 处	25cm 混凝土+10mm 防护涂料	1.92E-10	5.38E-07	3.57E-07
	20	患者防护门外 30cm 处	内衬 4mm 铅板	7.30E-09	5.14E-06	3.39E-06
	21	污物间门外 30cm 处	内衬 4mm 铅板	7.30E-09	5.14E-06	3.39E-06
22	控制室防护门外 30cm 处	内衬 4mm 铅板	7.30E-09	5.14E-06	3.39E-06	
23	观察窗外 30cm 处	20mm 铅玻璃	7.30E-09	5.14E-06	3.39E-06	
ERCPC 机房	24	第一术者位 (铅衣外)	0.5mmPb 铅帘	1.37E-02	—	—

	第一术者位 (铅衣内)	0.5mmPb 铅衣 +0.5mmPb 铅帘	1.43E-03	—	—
	第一术者位 (手部)	0.025mmPb 铅手套 +0.5mmPb 铅帘	1.21E-02	—	—
25	第二术者位 (铅衣外)	0.5mmPb 铅帘	1.37E-02	—	—
	第二术者位 (铅衣内)	0.5mmPb 铅衣 +0.5mmPb 铅帘	1.43E-03	—	—
26	东墙外 30cm 处	24cm 实心砖+30mm 防护涂料	1.28E-10	4.19E-07	2.78E-07
27	南墙外 30cm 处	24cm 实心砖+30mm 防护涂料	1.28E-10	4.19E-07	2.78E-07
28	西墙外 30cm 处	24cm 实心砖+30mm 防护涂料	1.28E-10	4.19E-07	2.78E-07
29	北墙外 30cm 处	24cm 实心砖+30mm 防护涂料	1.28E-10	4.19E-07	2.78E-07
30	楼上 100cm 处	25cm 混凝土+10mm 防护涂料	1.92E-10	5.38E-07	3.57E-07
31	楼下 170cm 处	25cm 混凝土+10mm 防护涂料	1.92E-10	5.38E-07	3.57E-07
32	患者防护门外 30cm 处	内衬 4mm 铅板	7.30E-09	5.14E-06	3.39E-06
33	污物间门外 30cm 处	内衬 4mm 铅板	7.30E-09	5.14E-06	3.39E-06
34	准备间防护门 外 30cm 处	内衬 4mm 铅板	7.30E-09	5.14E-06	3.39E-06
35	观察窗外 30cm 处	20mm 铅玻璃	7.30E-09	5.14E-06	3.39E-06
注：由于减影模式工作时医生不在机房内内，故不考虑术者位 100kV 主射和散射的屏蔽透射因子					

表 11-3 透视模式各预测点附加剂量率

预测点		B(80kV)	$H_0/$ ($\mu\text{Gy/h}$) (散射)	ds (m)	$d_0(\text{m})$	α	s/cm^2	$H_s/$ ($\mu\text{Gy/h}$)	$H_0/$ ($\mu\text{Gy/h}$) (泄露)	R(m)	$H/$ ($\mu\text{Gy/h}$)	总附加剂量 率/($\mu\text{Gy/h}$)	
D S A 1 室	1	第一术者位 (铅衣外)	1.37E-02	4.96E+05	0.30	0.50	0.0013	100	98.18	1000	0.30	152.26	250.44
		第一术者位 (铅衣内)	1.43E-03	4.96E+05	0.30	0.50	0.0013	100	10.24	1000	0.30	15.89	26.13
		第一术者位 (手部)	1.21E-02	4.96E+05	0.30	0.50	0.0013	100	86.66	1000	0.60	33.60	120.26
	2	第二术者位 (铅衣外)	1.37E-02	4.96E+05	0.90	0.50	0.0013	100	10.91	1000	0.90	16.92	27.83
		第二术者位 (铅衣内)	1.43E-03	4.96E+05	0.90	0.50	0.0013	100	1.14	1000	0.90	1.77	2.90
	3	东墙外 30cm 处	1.28E-10	4.96E+05	4.15	0.50	0.0013	100	4.81E-09	1000	4.15	7.45E-09	1.23E-08
	4	南墙外 30cm 处	1.28E-10	4.96E+05	4.15	0.50	0.0013	100	4.81E-09	1000	4.15	7.45E-09	1.23E-08
	5	西墙外 30cm 处	1.28E-10	4.96E+05	4.15	0.50	0.0013	100	4.81E-09	1000	4.15	7.45E-09	1.23E-08
	6	北墙外 30cm 处	1.28E-10	4.96E+05	4.15	0.50	0.0013	100	4.81E-09	1000	4.15	7.45E-09	1.23E-08
	7	楼上 100cm 处	1.92E-10	4.96E+05	6.00	0.50	0.0013	100	3.44E-09	1000	6.50	4.55E-09	8.00E-09
	8	楼下 170cm 处	1.92E-10	4.96E+05	5.00	0.50	0.0013	100	4.96E-09	1000	4.50	9.50E-09	1.45E-08
9	患者防护门外 30cm 处	7.30E-09	4.96E+05	4.15	0.50	0.0013	100	2.73E-07	1000	4.15	4.24E-07	6.97E-07	
10	控制室防护门 外 30cm 处	7.30E-09	4.96E+05	4.15	0.50	0.0013	100	2.73E-07	1000	4.15	4.24E-07	6.97E-07	
11	观察窗外 30cm 处	7.30E-09	4.96E+05	4.15	0.50	0.0013	100	2.73E-07	1000	4.15	4.24E-07	6.97E-07	

D S A 2 室	12	第一术者位 (铅衣外)	1.37E-02	4.96E+05	0.30	0.50	0.0013	100	98.18	1000	0.30	152.26	250.44
		第一术者位 (铅衣内)	1.43E-03	4.96E+05	0.30	0.50	0.0013	100	10.24	1000	0.30	15.89	26.13
		第一术者位 (手部)	1.21E-02	4.96E+05	0.30	0.50	0.0013	100	86.66	1000	0.60	33.60	120.26
	13	第二术者位 (铅衣外)	1.37E-02	4.96E+05	0.90	0.50	0.0013	100	10.91	1000	0.90	16.92	27.83
		第二术者位 (铅衣内)	1.43E-03	4.96E+05	0.90	0.50	0.0013	100	1.14	1000	0.90	1.77	2.90
	14	东墙外 30cm 处	1.28E-10	4.96E+05	4.13	0.50	0.0013	100	4.85E-09	1000	4.13	7.53E-09	1.24E-08
	15	南墙外 30cm 处	1.28E-10	4.96E+05	4.13	0.50	0.0013	100	4.85E-09	1000	4.13	7.53E-09	1.24E-08
	16	西墙外 30cm 处	1.28E-10	4.96E+05	4.13	0.50	0.0013	100	4.85E-09	1000	4.13	7.53E-09	1.24E-08
	17	北墙外 30cm 处	1.28E-10	4.96E+05	4.13	0.50	0.0013	100	4.85E-09	1000	4.13	7.53E-09	1.24E-08
	18	楼上 100cm 处	1.92E-10	4.96E+05	6.00	0.50	0.0013	100	3.44E-09	1000	6.50	4.55E-09	8.00E-09
	19	楼下 170cm 处	1.92E-10	4.96E+05	5.00	0.50	0.0013	100	4.96E-09	1000	4.50	9.50E-09	1.45E-08
	20	患者防护门外 30cm 处	7.30E-09	4.96E+05	4.13	0.50	0.0013	100	2.76E-07	1000	4.13	4.28E-07	7.03E-07
	21	污物间门外 30cm 处	7.30E-09	4.96E+05	4.13	0.50	0.0013	100	2.76E-07	1000	4.13	4.28E-07	7.03E-07
22	控制室防护门 外 30cm 处	7.30E-09	4.96E+05	4.13	0.50	0.0013	100	2.76E-07	1000	4.13	4.28E-07	7.03E-07	
23	观察窗外 30cm 处	7.30E-09	4.96E+05	4.13	0.50	0.0013	100	2.76E-07	1000	4.13	4.28E-07	7.03E-07	
E R C P	24	第一术者位 (铅衣外)	1.37E-02	4.96E+05	0.30	0.50	0.0013	100	98.18	1000	0.30	152.26	250.44
		第一术者位 (铅衣内)	1.43E-03	4.96E+05	0.30	0.50	0.0013	100	10.24	1000	0.30	15.89	26.13

机房		第一术者位 (手部)	1.21E-02	4.96E+05	0.30	0.50	0.0013	100	86.66	1000	0.60	33.60	120.26
	25	第二术者位 (铅衣外)	1.37E-02	4.96E+05	0.90	0.50	0.0013	100	10.91	1000	0.90	16.92	27.83
		第二术者位 (铅衣内)	1.43E-03	4.96E+05	0.90	0.50	0.0013	100	1.14	1000	0.90	1.77	2.90
	26	东墙外 30cm 处	1.28E-10	4.96E+05	2.92	0.50	0.0013	100	9.71E-09	1000	2.92	1.51E-08	2.48E-08
	27	南墙外 30cm 处	1.28E-10	4.96E+05	2.92	0.50	0.0013	100	9.71E-09	1000	2.92	1.51E-08	2.48E-08
	28	西墙外 30cm 处	1.28E-10	4.96E+05	2.92	0.50	0.0013	100	9.71E-09	1000	2.92	1.51E-08	2.48E-08
	29	北墙外 30cm 处	1.28E-10	4.96E+05	2.92	0.50	0.0013	100	9.71E-09	1000	2.92	1.51E-08	2.48E-08
	30	楼上 100cm 处	1.92E-10	4.96E+05	4.80	0.50	0.0013	100	5.38E-09	1000	5.30	6.85E-09	1.22E-08
	31	楼下 170cm 处	1.92E-10	4.96E+05	5.30	0.50	0.0013	100	4.41E-09	1000	4.80	8.35E-09	1.28E-08
	32	患者防护门外 30cm 处	7.30E-09	4.96E+05	2.92	0.50	0.0013	100	5.52E-07	1000	2.92	8.56E-07	1.41E-06
	33	污物间门外 30cm 处	7.30E-09	4.96E+05	2.92	0.50	0.0013	100	5.52E-07	1000	2.92	8.56E-07	1.41E-06
	34	准备间防护门 外 30cm 处	7.30E-09	4.96E+05	2.92	0.50	0.0013	100	5.52E-07	1000	2.92	8.56E-07	1.41E-06
	35	观察窗外 30cm 处	7.30E-09	4.96E+05	2.92	0.50	0.0013	100	5.52E-07	1000	2.92	8.56E-07	1.41E-06

表 11-4 减影模式下各预测点附加剂量率

预测点		$H_0/$ ($\mu\text{Gy/h}$)	B (100kV 散射)	ds (m)	d_0 (m)	α	s/cm^2	$H_s/$ ($\mu\text{Gy/h}$)	$H_0/$ ($\mu\text{Gy/h}$) (泄露辐 射)	B (100kV 主射)	R(m)	$H/$ ($\mu\text{Gy/h}$)	总附加剂 量率/ ($\mu\text{Gy/h}$)	
D S A 1 室	3	东墙外 30cm 处	5.33E+07	4.19E-07	4.15	0.50	0.0013	100	1.69E-03	1000	2.78E-07	4.15	1.61E-05	1.70E-03
	4	南墙外 30cm 处	5.33E+07	4.19E-07	4.15	0.50	0.0013	100	1.69E-03	1000	2.78E-07	4.15	1.61E-05	1.70E-03
	5	西墙外 30cm 处	5.33E+07	4.19E-07	4.15	0.50	0.0013	100	1.69E-03	1000	2.78E-07	4.15	1.61E-05	1.70E-03
	6	北墙外 30cm 处	5.33E+07	4.19E-07	4.15	0.50	0.0013	100	1.69E-03	1000	2.78E-07	4.15	1.61E-05	1.70E-03
	7	楼上 100cm 处	5.33E+07	5.38E-07	6.00	0.50	0.0013	100	1.04E-03	1000	3.57E-07	6.50	8.45E-06	1.04E-03
	8	楼下 170cm 处	5.33E+07	5.38E-07	5.00	0.50	0.0013	100	1.49E-03	1000	3.57E-07	4.50	1.76E-05	1.51E-03
	9	患者防护 门外 30cm 处	5.33E+07	5.14E-06	4.15	0.50	0.0013	100	2.07E-02	1000	3.39E-06	4.15	1.97E-04	2.09E-02
	10	控制室防 护门外 30cm 处	5.33E+07	5.14E-06	4.15	0.50	0.0013	100	2.07E-02	1000	3.39E-06	4.15	1.97E-04	2.09E-02
	11	观察窗外 30cm 处	5.33E+07	5.14E-06	4.15	0.50	0.0013	100	2.07E-02	1000	3.39E-06	4.15	1.97E-04	2.09E-02
D S	14	东墙外 30cm 处	5.33E+07	4.19E-07	4.13	0.50	0.0013	100	1.70E-03	1000	2.78E-07	4.13	1.63E-05	1.72E-03

A 2 室	15	南墙外 30cm 处	5.33E+07	4.19E-07	4.13	0.50	0.0013	100	1.70E-03	1000	2.78E-07	4.13	1.63E-05	1.72E-03
	16	西墙外 30cm 处	5.33E+07	4.19E-07	4.13	0.50	0.0013	100	1.70E-03	1000	2.78E-07	4.13	1.63E-05	1.72E-03
	17	北墙外 30cm 处	5.33E+07	4.19E-07	4.13	0.50	0.0013	100	1.70E-03	1000	2.78E-07	4.13	1.63E-05	1.72E-03
	18	楼上 100cm 处	5.33E+07	5.38E-07	6.00	0.50	0.0013	100	1.04E-03	1000	3.57E-07	6.50	8.45E-06	1.04E-03
	19	楼下 170cm 处	5.33E+07	5.38E-07	5.00	0.50	0.0013	100	1.49E-03	1000	3.57E-07	4.50	1.76E-05	1.51E-03
	20	患者防护 门外 30cm 处	5.33E+07	5.14E-06	4.13	0.50	0.0013	100	2.09E-02	1000	3.39E-06	4.13	1.99E-04	2.11E-02
	21	污物间门 外 30cm 处	5.33E+07	5.14E-06	4.13	0.50	0.0013	100	2.09E-02	1000	3.39E-06	4.13	1.99E-04	2.11E-02
	22	控制室防 护门外 30cm 处	5.33E+07	5.14E-06	4.13	0.50	0.0013	100	2.09E-02	1000	3.39E-06	4.13	1.99E-04	2.11E-02
	23	观察窗外 30cm 处	5.33E+07	5.14E-06	4.13	0.50	0.0013	100	2.09E-02	1000	3.39E-06	4.13	1.99E-04	2.11E-02
E R C P 机 房	26	东墙外 30cm 处	5.33E+07	4.19E-07	2.92	0.50	0.0013	100	3.40E-03	1000	2.78E-07	2.92	3.26E-05	3.44E-03
	27	南墙外 30cm 处	5.33E+07	4.19E-07	2.92	0.50	0.0013	100	3.40E-03	1000	2.78E-07	2.92	3.26E-05	3.44E-03
	28	西墙外 30cm 处	5.33E+07	4.19E-07	2.92	0.50	0.0013	100	3.40E-03	1000	2.78E-07	2.92	3.26E-05	3.44E-03

29	北墙外 30cm 处	5.33E+07	4.19E-07	2.92	0.50	0.0013	100	3.40E-03	1000	2.78E-07	2.92	3.26E-05	3.44E-03
30	楼上 100cm 处	5.33E+07	5.38E-07	4.80	0.50	0.0013	100	1.62E-03	1000	3.57E-07	5.30	1.27E-05	1.63E-03
31	楼下 170cm 处	5.33E+07	5.38E-07	5.30	0.50	0.0013	100	1.33E-03	1000	3.57E-07	4.80	1.55E-05	1.34E-03
32	患者防护 门外 30cm 处	5.33E+07	5.14E-06	2.92	0.50	0.0013	100	4.18E-02	1000	3.39E-06	2.92	3.97E-04	4.22E-02
33	污物间门 外 30cm 处	5.33E+07	5.14E-06	2.92	0.50	0.0013	100	4.18E-02	1000	3.39E-06	2.92	3.97E-04	4.22E-02
34	准备间防 护门外 30cm 处	5.33E+07	5.14E-06	2.92	0.50	0.0013	100	4.18E-02	1000	3.39E-06	2.92	3.97E-04	4.22E-02
35	观察窗外 30cm 处	5.33E+07	5.14E-06	2.92	0.50	0.0013	100	4.18E-02	1000	3.39E-06	2.92	3.97E-04	4.22E-02

根据表 11-3 和表 11-4, DSA1 室、DSA2 室和 ERCP 机房外周围附加剂量率最大值为 $4.22\text{E-}02\mu\text{Gy/h}$, 满足本项目所设定的机房屏蔽体外 30cm 处 $2.5\mu\text{Sv/h}$ (换算系数取 1Sv/Gy) 的剂量率控制水平, 根据剂量率与距离平方成反比以及评价范围内固有建筑物的屏蔽, 则在本项目周围 50m 评价范围内其他公众长居留场所的剂量率远小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。且上述剂量率的计算是基于保守假设进行的, 预计实际运行时, 机房周围的附加剂量率水平远低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

(3) 叠加影响

根据表 11-3 和表 11-4, DSA1 室和 DSA2 室外周围附加剂量率最大值分别为 $2.09\text{E-}02\mu\text{Gy/h}$ 和 $2.11\text{E-}02\mu\text{Gy/h}$, 则当两台 DSA 设备同时运行时, DSA1 室和 DSA2 室外任一位置处周围附加剂量率不会超过两者之和即 $4.20\text{E-}02\mu\text{Gy/h}$, 实际由于距离跟屏蔽的影响小于该值, 远低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

11.2.2 辐射工作人员和公众剂量估算

(1) 计算公式

1) 年有效剂量计算公式见下式

$$E=D\times t\times T\times K\times 10^{-3} \quad \text{式 11-4}$$

式中: E —年有效剂量, mSv ;

D —计算点附加剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

t —年受照时间, h/a ;

K —有效剂量与吸收剂量换算系数, Sv/Gy , 本项目取 1.0;

T —居留因子。

2) 医生的个人年有效剂量计算参考《职业性外照射个人监测规范》(GB128-2019) 中 6.2.4 节计算, 见下式。

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

式中: E —有效剂量中的外照射分量, 单位为毫希沃特 (mSv);

α —系数, 有甲状腺屏蔽时, 取 0.79, 无屏蔽时, 取 0.84, 本项目保守取 0.84;

Hu —铅围裙内佩戴的个人剂量计测得的 $\text{Hp}(10)$, 单位为毫希沃特 (mSv);

β —系数, 有甲状腺屏蔽时, 取 0.051, 无屏蔽时, 取 0.100, 本项目保守取 0.100;

Ho —铅围裙外锁骨对应的衣领位置佩戴的个人剂量计测得的 $\text{Hp}(10)$, 单位为毫

希沃特 (mSv)

3) 对于手部剂量, 根据《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》(GBZ/T244-2017), 有辐射场空气比释动能率信息时, 皮肤吸收剂量用下式进行估算:

$$D_S = C_{kS} \cdot (k \cdot t) \cdot 10^{-3} \quad \text{式 11-6}$$

式中:

D_S —皮肤吸收剂量, mGy;

k —X、 γ 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换系数, Gy/Gy, 根据《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》(GBZ/T244-2017) 附录 A 表 A.4 和表 A.5, 保守取 0.07MeV~0.15MeV 中最大值 1.162;

t —人员累积受照时间, h;

10^{-3} —— μGy 转换为 mGy 转换系数。

4) 根据《辐射安全手册》, 当量剂量可用下式计算:

$$H = w_R \cdot D \quad \text{式 11-7}$$

式中:

H —当量剂量, mSv;

w_R —辐射 R 的辐射权重因子, 对所有能量光子取 1;

D —吸收剂量, mGy;

(2) 居留因子

本项目的居留因子参照《放射治疗放射防护要求》(GBZ 121—2020) 选取, 居留因子取值见下表。

表 11-5 居留因子的选取

场所	居留因子 (T)		停留位置
	典型值	范围	
全停留	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、咨询台、有人护理的候诊室及周边建筑物中的驻留区
部分停留	1/4	1/2-1/5	1/2: 相邻的治疗室、与屏蔽室相邻的病人检查室 1/5: 走廊、雇员休息室、职员休息室
偶然停留	1/16	1/8-1/40	1/8: 各治疗室房门 1/20: 公厕、自动售货区、储藏室、设有座椅的户外区域、无人护理的候诊室、病人滞留区域、屋顶、门岗室 1/40: 仅有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/卸客区域、楼梯、无人看管的电梯

(3) 估算参数

根据建设单位提供资料，本项目每台 DSA 每年的手术量为 600 台，每台手术 DSA 最大曝光时间不超过 21min（透视模式 20min，减影模式 1min）。DSA 减影曝光时，除存在临床不可接受的情况外工作人员均回到控制室进行操作，DSA 透视曝光时，医生在手术室内近台操作，护士和技师通常不在手术室内。出于保守考虑，本项目以最大曝光时间进行评价，则每台 DSA 对工作人员和公众照射总时间为 210h（其中透视时间 200h，减影时间 10h）。本项目 ERCP 投入运行后预计年最大手术量为 600 台，主要从事胰胆疾病的治疗。单台手术最大曝光时间不超过 21min（其中透视时间 20min，减影时间 1min）。ERCP 减影曝光时，除存在临床不可接受的情况外工作人员均回到控制室进行操作，ERCP 透视曝光时，医生在手术室内近台操作，护士和技师通常不在手术室内。出于保守考虑，本项目以最大曝光时间进行评价，则 ERCP 对工作人员和公众照射总时间为 210h（其中透视时间 200h，减影时间 10h）。

(4) 估算结果

本项目涉及工作人员预测点年附加剂量见下表。

表 11-6 预测点年附加剂量估算结果一览表

预测点		工作模式	D ($\mu\text{Gy/h}$)	年工作时间 t (h/a)	居留因子 T	年附加剂量 (mSv/a)	涉及人员类型	备注
DSA 1 室	1	第一术者位（铅衣外）	250.44	200	1	50.09	工作人员	机房内
		第一术者位（铅衣内）	26.13	200	1	5.23	工作人员	机房内
		第一术者位（手部）	120.26	200	1	27.95	工作人员	机房内
	2	第二术者位（铅衣外）	27.83	200	1	5.57	工作人员	机房内
		第二术者位（铅衣内）	2.90	200	1	0.58	工作人员	机房内
	3	东墙外 30cm 处	透视	1.23E-08	200	1	2.45E-09	工作人员

	4	南墙外 30cm 处	透视	1.23E-08	200	1/20	1.23E-10	公众	室内过道	
	5	西墙外 30cm 处	透视	1.23E-08	200	1/5	4.90E-10	公众	室内过道	
	6	北墙外 30cm 处	透视	1.23E-08	200	1/5	4.90E-10	公众	前室	
	7	楼上 100cm 处	透视	8.00E-09	200	1/2	8.00E-10	公众	免疫、体 液、缓冲 间和走廊	
	8	楼下 170cm 处	透视	1.45E-08	200	1/40	7.23E-11	公众	地下停车 场	
	9	患者防护 门外 30cm 处	透视	6.97E-07	200	1/5	2.79E-08	公众	前室	
	10	控制室防 护门外 30cm 处	透视	6.97E-07	200	1	1.39E-07	工作 人员	控制室	
	11	观察窗外 30cm 处	透视	6.97E-07	200	1	1.39E-07	工作 人员	控制室	
	D S A 2 室	12	第一术者 位（铅衣 外）	透视	250.44	200	1	50.09	工作 人员	机房内
			第一术者 位（铅衣 内）	透视	26.13	200	1	5.23	工作 人员	机房内
			第一术者 位（手 部）	透视	120.26	200	1	27.95	工作 人员	机房内
13		第二术者 位（铅衣 外）	透视	27.83	200	1	5.57	工作 人员	机房内	
		第二术者 位（铅衣 内）	透视	2.90	200	1	0.58	工作 人员	机房内	
14		东墙外 30cm 处	透视	1.24E-08	200	1/5	4.95E-10	公众	污物通道	
15		南墙外 30cm 处	透视	1.24E-08	200	1/5	4.95E-10	公众	室内过道	
16		西墙外 30cm 处	透视	1.24E-08	200	1	2.48E-09	工作 人员	控制室、 刷手间	
17	北墙外 30cm 处	透视	1.24E-08	200	1/5	4.95E-10	公众	前室和污 物间		

	18	楼上 100cm 处	透视	8.00E-09	200	1/5	3.20E-10	公众	更衣、 UPS 间和 走廊
	19	楼下 170cm 处	透视	1.45E-08	200	1/40	7.23E-11	公众	地下停车 场
	20	患者防护 门外 30cm 处	透视	7.03E-07	200	1/5	2.81E-08	公众	前室
	21	污物间门 外 30cm 处	透视	7.03E-07	200	1/5	2.81E-08	公众	污物间
	22	控制室防 护门外 30cm 处	透视	7.03E-07	200	1	1.41E-07	工作 人员	控制室
	23	观察窗外 30cm 处	透视	7.03E-07	200	1	1.41E-07	工作 人员	控制室
E R C P 机 房	24	第一术者 位（铅衣 外）	透视	250.44	200	1	50.09	工作 人员	机房内
		第一术者 位（铅衣 内）	透视	26.13	200	1	5.23	工作 人员	机房内
		第一术者 位（手 部）	透视	120.26	200	1	27.95	工作 人员	机房内
	25	第二术者 位（铅衣 外）	透视	27.83	200	1	5.57	工作 人员	机房内
		第二术者 位（铅衣 内）	透视	2.90	200	1	0.58	工作 人员	机房内
	26	东墙外 30cm 处	透视	2.48E-08	200	1	4.95E-09	工作 人员	控制室、 准备间
	27	南墙外 30cm 处	透视	2.48E-08	200	1/5	9.91E-10	公众	室内过道
	28	西墙外 30cm 处	透视	2.48E-08	200	1/2	2.48E-09	公众	内镜
	29	北墙外 30cm 处	透视	2.48E-08	200	1/5	9.91E-10	公众	医护走道
	30	楼上 100cm 处	透视	1.22E-08	200	1/5	4.89E-10	公众	无菌品 库、一次 性拆包、 室内过道

	31	楼下 170cm 处	透视	1.28E-08	200	1/2	1.28E-09	公众	CT、胃 肠、控制 室、报告 区
	32	患者防护 门外 30cm 处	透视	1.41E-06	200	1/5	5.63E-08	公众	室内过道
	33	污物间门 外 30cm 处	透视	1.41E-06	200	1/5	5.63E-08	公众	医护走道
	34	准备间防 护门外 30cm 处	透视	1.41E-06	200	1	2.81E-07	工作 人员	准备间
	35	观察窗外 30cm 处	透视	1.41E-06	200	1	2.81E-07	工作 人员	控制室
D S A 1 室	3	东墙外 30cm 处	减影	1.70E-03	10	1	1.70E-05	工作 人员	控制室、 刷手间
	4	南墙外 30cm 处	减影	1.70E-03	10	1/20	8.51E-07	公众	室内过道
	5	西墙外 30cm 处	减影	1.70E-03	10	1/5	3.40E-06	公众	室内过道
	6	北墙外 30cm 处	减影	1.70E-03	10	1/5	3.40E-06	公众	前室
	7	楼上 100cm 处	减影	1.04E-03	10	1/2	5.22E-06	公众	免疫、体 液、缓冲 间和走廊
	8	楼下 170cm 处	减影	1.51E-03	10	1/40	3.77E-07	公众	地下停车 场
	9	患者防护 门外 30cm 处	减影	2.09E-02	10	1/5	4.18E-05	公众	前室
	10	控制室防 护门外 30cm 处	减影	2.09E-02	10	1	2.09E-04	工作 人员	控制室
	11	观察窗外 30cm 处	减影	2.09E-02	10	1	2.09E-04	工作 人员	控制室
D S A 2 室	14	东墙外 30cm 处	减影	1.72E-03	10	1/5	3.44E-06	公众	污物通道
	15	南墙外 30cm 处	减影	1.72E-03	10	1/5	3.44E-06	公众	室内过道
	16	西墙外 30cm 处	减影	1.72E-03	10	1	1.72E-05	工作 人员	控制室、 刷手间
	17	北墙外 30cm 处	减影	1.72E-03	10	1/5	3.44E-06	公众	前室和污 物间

	18	楼上 100cm 处	减影	1.04E-03	10	1/5	2.09E-06	公众	更衣、 UPS 间和 走廊
	19	楼下 170cm 处	减影	1.51E-03	10	1/40	3.77E-07	公众	地下停车 场
	20	患者防护 门外 30cm 处	减影	2.11E-02	10	1/5	4.22E-05	公众	前室
	21	污物间门 外 30cm 处	减影	2.11E-02	10	1/5	4.22E-05	公众	污物间
	22	控制室防 护门外 30cm 处	减影	2.11E-02	10	1	2.11E-04	工作 人员	控制室
	23	观察窗外 30cm 处	减影	2.11E-02	10	1	2.11E-04	工作 人员	控制室
E R C P 机 房	26	东墙外 30cm 处	减影	3.44E-03	10	1	3.44E-05	工作 人员	控制室、 准备间
	27	南墙外 30cm 处	减影	3.44E-03	10	1/5	6.87E-06	公众	室内过道
	28	西墙外 30cm 处	减影	3.44E-03	10	1/2	1.72E-05	公众	内镜
	29	北墙外 30cm 处	减影	3.44E-03	10	1/5	6.87E-06	公众	医护走道
	30	楼上 100cm 处	减影	1.63E-03	10	1/5	3.26E-06	公众	无菌品 库、一次 性拆包、 室内过道
	31	楼下 170cm 处	减影	1.34E-03	10	1/2	6.72E-06	公众	CT、胃 肠、控制 室、报告 区
	32	患者防护 门外 30cm 处	减影	4.22E-02	10	1/5	8.43E-05	公众	室内过道
	33	污物间门 外 30cm 处	减影	4.22E-02	10	1/5	8.43E-05	公众	医护走道
	34	准备间防 护门外 30cm 处	减影	4.22E-02	10	1	4.22E-04	工作 人员	准备间
	35	观察窗外 30cm 处	减影	4.22E-02	10	1	4.22E-04	工作 人员	控制室

1) 工作人员

根据表 11-6，本项目工作人员受到的年附加剂量见下表。

表 11-7 工作人员受到的年附加剂量计算结果一览表

工作人员			年附加剂量 (mSv)				总计	备注
			透视模式			摄影模式		
			铅衣外	铅衣内	外照射有效			
医生	DSA1 室	第一术者	50.09	5.23	9.40	2.09E-04	20.89	8 名医生
		第二术者	5.57	0.58	1.04	2.09E-04		
	DSA2 室	第一术者	50.09	5.23	9.40	2.11E-04		
		第二术者	5.57	0.58	1.04	2.11E-04		
技师 护士	DSA1 室	—	—	—	1.39E-07	2.09E-04	4.20E-04	4 名护士 4 名技师
	DSA2 室	—	—	—	1.41E-07	2.11E-04		
医生	ERCP 机房	第一术者	50.09	5.23	9.40	4.22E-04	10.44	4 名医生
		第二术者	5.57	0.58	1.04	4.22E-04		
技师 护士	ERCP 机房	—	—	—	2.81E-07	4.22E-04	4.22E-04	2 名护士 2 名技师

根据表 11-7，DSA1 室和 DSA2 室 4 名护士（4 名技师）受照的总年有效剂量为 4.20E-04mSv，考虑两台 DSA 叠加影响，护士和技师受照的总年有效剂量不会超过 8.40E-04mSv，考虑 4 名护士、4 名技师轮换因素，距离因素，单名护士或技师受照的最大年有效剂量不会超过上述数值，满足本项目所设定的工作人员剂量约束值 5mSv 要求。

DSA1 室和 DSA2 室 8 名医生受照的总年有效剂量为 20.89mSv，单名医生受照剂量约为 2.61mSv，当两台 DSA 同时工作时，考虑屏蔽和距离影响，透视模式下手术室内医生受到另一台 DSA 的附加剂量可以忽略不记，减影模式下受到另一台 DSA 的附加影响，则单名医生受照剂量最大约为 $2.61 + (2.11E-04) / 2 = 2.61mSv$ ，满足本项目所设定的工作人员剂量约束值 5mSv 要求。

ERCP 机房 2 名护士（2 名技师）受照的总年有效剂量为 4.20E-04mSv，考虑 2 名护士、2 名技师轮换因素，单名护士或技师受照的最大年有效剂量不会超过上述数值，满足本项目所设定的工作人员剂量约束值 5mSv 要求。

ERCP 机房 4 名医生受照的总年有效剂量为 10.44mSv，单名医生受照剂量约为 2.61mSv，满足本项目所设定的工作人员剂量约束值 5mSv 要求。

根据表 11-6，本项目医生手部受到的年当量剂量最大为 27.95mSv，考虑医生轮换因素，单名医生实际手部受照年当量剂量远低于计算值，满足本项目所设定的手部的剂量约束值 125mSv 要求。

2) 公众

根据表 11-6，DSA1 室附近公众受照的年附加剂量最大不超过 $(2.79E-08) + (4.18E-05) = 4.18E-05mSv$ ，DSA2 室附近公众受照的年附加剂量最大不超过 $(2.81E-08) + (4.22E-05) = 4.22E-05mSv$ ，ERCPC 机房附近公众受照的年附加剂量最大不超过 $(5.63E-08) + (8.43E-05) = 8.44E-05mSv$ 。考虑两台 DSA 同时工作时，DSA1 室和 DSA2 室附近公众受照的年附加剂量最大不超过 $(4.18E-05) + (4.22E-05) = 8.40E-05mSv$ 。考虑到距离和屏蔽影响，本项目周边 50m 范围内其它公众可达位置公众受到的年附加有效剂量均低于 8.44E-05mSv，满足本项目提出的公众年剂量约束值（不超过 0.25mSv）的要求。

11.2.2 运营期臭氧和氮氧化物影响分析

本项目 DSA1 室、DSA2 室和 ERCPC 机房内空气在 X 射线作用下分解产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，DSA1 室、DSA2 室和 ERCPC 机房内均安装通排风系统，采用机械通风，通风次数不少于 4 次。机房内臭氧和氮氧化物不会积聚，会随着空气流动进入排风系统，并且不断自然分解，到达排放口浓度已经很低，在医技楼顶排放后在太阳光照射下很快分解殆尽，对周围大气环境的影响十分轻微。

11.3 辐射事故分析

11.3.1 辐射事故风险识别

(1) 装置在运行时，由于门灯联锁系统失效，人员误入或滞留在机房内而造成误照射；

(2) 工作人员或病人家属还未全部撤离治疗机房，操作间人员启动设备，造成滞留人员的误照射；

(3) X 射线装置工作状态下，没有关闭防护门对人员造成的误照射。

11.3.2 辐射事故等级分析

本项目为核技术应用项目，使用的是 II 类医用射线装置，X 射线能量较低，曝光时间比较短，为一般辐射事故。

11.3.3 辐射事故防范措施

(1) 将本项目所涉及的射线装置纳入辐射防护管理，各辐射工作场所日常工作中严格按照各种制度执行，防止辐射事故的发生。

(2) 定期对设备进行维护保养，使设备处于保持良好的工作状态。

(3) 机房设置信号指示灯和门灯联锁装置，划分警戒控制区，如果职业人员或患者家属在防护门关闭后未撤离机房，则可利用机房内与控制室设置的人工紧急停机、开门按钮，避免事故发生。

(4) 对辐射工作场所定期开展巡查工作，主动询问辐射工作人员，及时发现问题，定期联系有资质部门做好防护检测工作及机器性能检测。

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

12.1.1 机构设置

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》等法律法规的要求，使用 II 类射线装置的单位应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，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。

建设单位拟成立专门的辐射安全与环境保护管理机构负责本单位的辐射安全与环境保护管理工作，并明确相关职责。

12.2.2 辐射工作人员管理

1) 辐射安全和防护专业知识培训

根据生态环境部《关于做好 2020 年核技术利用辐射安全与防护培训和考核工作有关事项的通知》（环办辐射函〔2019〕853 号）和《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》（2019 年，第 57 号）精神。建设单位拟安排本项目辐射工作人员到生态环境部培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）报名培训并参加考试。

2) 职业健康检查

环评要求辐射工作人员上岗前，应当进行上岗前的职业健康检查，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的放射工作。上岗后辐射工作人员应定期进行职业健康检查，两次检查的时间间隔不超过 2 年，必要时可增加临时性检查。辐射工作人员脱离放射工作岗位时，放射工作单位应当对其进行离岗前的职业健康检查。

3) 个人剂量管理

本项目运行后，本项目工作人员应纳入个人剂量监测。医院应按照规定为辐射工作人员建立了个人剂量和职业健康档案，并终生保存。

12.2 辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，使用放射性同位素、射线装置的单位应有健全的操作规程、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。

建设单位拟根据本项目 DSA 和 ERCP 的特点制定相应的操作规程、岗位职责，

并制定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、监测方案等制度。

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

12.3 辐射监测

12.3.1 监测仪器和防护设备

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，使用放射性同位素、射线装置的单位应该配置与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量计、辐射监测等仪器。

根据以上要求，建议本项目辐射工作场所辐射仪器配置情况详见下表。

表 12-1 辐射工作场所拟配置监测仪器情况

监测仪器	配置情况说明	备注
环境级辐射巡检仪	1 台	新购
个人剂量计	36 枚	新购

12.3.2 监测计划

建设单位应按照环评建议或自行制定辐射监测计划。依据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）并参考《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130—2020），环评建议如下所示。

辐射监测方案

1) 辐射工作场所及周围环境监测

A、监测内容：周围剂量当量率等。

B、监测布点及数据管理：监测布点应参考环评提出的监测计划（下表）或验收监测布点方案。选择的监测点具有代表性。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 本项目辐射监测计划建议

工作场所	监测因子	监测点位	监测频次
DSA1 室、 DSA2 室、 ERCp 机房	周围剂量 当量率	距墙体、门、窗表面 30cm；顶棚上方（楼上）距顶棚地面 100cm，机房地面下方（楼下）距楼下地面 170cm。；门缝、电缆穿墙、线孔、配电柜等周围需要关注的监督区	日常监测：1 次/季度 （自行监测） 年度监测：1 次/年（委托有资质单位监测）

			验收监测：1 次（委托有资质单位监测）
--	--	--	---------------------

2) 个人剂量监测

本项目工作人员均为新招，应建立个人剂量管理，个人剂量监测周期应保证不得超过 90 天，并为工作人员建立并终生保存个人剂量监测档案，允许放射工作人员查阅、复印本人的个人剂量监测档案。个人剂量监测工作应由具备资质的个人剂量监测技术服务机构承担。

12.4 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》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》有关规定，为了应对辐射事故和突发事件，建设单位应制定辐射事故应急预案，并成立专门的机构负责辐射事故应急，辐射事故应急预案应当包括下列内容：

- （一）应急机构和职责分工；
- （二）应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；
- （三）辐射事故分级与应急响应措施；
- （四）辐射事故的调查、报告和处理程序；
- （五）辐射事故信息公开、公众宣传方案。

12.5 年度评估报告

建设单位应按照规定格式编写《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》。并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。近一年（4 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。

本项目正式开展后，建设单位应将本项目 DSA 和 ERCP 射线装置纳入年度评估报告，并定期上报至发证机关。

12.6 从事辐射活动能力评价

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，第十六条的规定，建设单位从事辐射活动能力的评价详见下表。

表 12-3 从事辐射活动能力评价

应具备条件	落实情况
(一) 使用 III 类放射源, 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。	建设单位拟成立专门的辐射安全与环境保护管理机构负责本单位的辐射安全与环境保护管理工作, 并明确相关职责。
(二) 从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。	建设单位拟安排本项目辐射工作人员到生态环境部培训平台报名培训并参加考试。
(三) 使用放射性同位素的单位应当有满足辐射防护和实体保卫要求的放射源暂存库或设备。	本项目不涉及。
(四) 放射性同位素与射线装置使用场所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射要求的安全措施。	建设单位拟制定相应的操作规程, 按要求建设专用机房, 实体屏蔽, 设有急停按钮, 监视和对讲系统, 设有工作警示灯、门灯联锁及电离辐射警告标志等。
(五) 配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器, 包括个人剂量监测报警、辐射监测等仪器。使用非密封放射性物质的单位还应当有表面污染监测仪。	建设单位拟根据相关要求及工作实际需要配备相应的防护用品和配备患者使用的辅助防护用品。根据要求配备个人剂量计、环境级辐射巡检仪等。
(六) 有健全操作规程、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。	建设单位拟根据本项目 DSA 和 ERCP 的特点制定相应的操作规程、岗位职责, 并制定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、监测方案等制度。
(七) 有完善的辐射事故应急措施。	医院拟制定辐射事故应急预案。
(八) 产生放射性废气、废液、固体废物的, 还应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案。	本项目不涉及放射性废气、废液、固体废物。

综上所述, 建设单位初步具备从事辐射活动的能力。在严格执行相关法律法规、标准规范等文件, 严格落实各项辐射安全管理、防护措施的前提下, 其从事辐射活动的技术能力符合相应法律法规的要求。

12.7 竣工环境保护验收

本次评价项目竣工后, 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)对配套建设的环境保护设施进行验收, 建设单位应如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况, 自行或委托有能力的技术机构编制验收报告, 报告编制完成 5 个工作日内, 建设单位应公开验收报告, 公示的期限不得少于 20 个工作日。建设单位在提出验收意见的过程中, 可组织

由设计单位、施工单位、环境影响报告表编制机构、验收监测（调查）报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等成立的验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式开展验收工作。建设项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，其主体工程方可投入生产或者使用；未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

13.1.1 辐射安全与防护分析结论

(1) 辐射安全防护措施结论

DSA1 室、DSA2 室和 ERCP 机房设计屏蔽厚度，设置的辐射安全防护措施和配置的防护用品与辅助设施均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的要求。

(2) 辐射安全管理结论

建设单位按照环评要求建立辐射安全与环境保护管理机构，制定相关辐射安全管理制度，对辐射工作人员进行职业健康监护、个人剂量监测和辐射工作人员培训，并建立相关档案后，可以满足本项目辐射安全管理要求。

13.1.2 环境影响分析结论

(1) 根据公式预测分析，本项目 DSA1 室、DSA2 室和 ERCP 机房四周屏蔽墙体外、顶棚上、地坪下、防护门外及观察窗外辐射剂量率均能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的要求。

(2) 经估算，本项目对辐射工作人员和公众人员所造成的最大年附加有效剂量均低于本报告建议的剂量约束值（职业人员年有效剂量不超过 5mSv，医生手部年当量剂量不超过 125mSv，公众人员年有效剂量不超过 0.25mSv）。

13.1.3 可行性分析结论

(1) 总体规划符合性

根据《龙游城市总体规划（2006-2020）》，本项目所在位置位于第三产业布局；根据规划中产业发展向导可知，第三产业发展重点以中心城市为依托，形成服务全面的综合服务中心。本项目为医疗服务项目，属于第三产业主导发展的医疗服务中心，项目实施后对周围环境影响程度均能满足相关要求，因此，本项目的实施符合龙游县城市总体规划。

(2) 土地利用规划符合性

本项目选址在龙游县永安路与文靖路交叉口西侧龙游健康产业中心医技楼，属于规划的允许建设区范围内，用地性质为医院用地（A51）。

(3) 《龙游县“三线一单”生态环境分区管控方案》符合性

根据《龙游县“三线一单”生态环境分区管控方案》，本项目位于“浙江省衢州市龙游县中心城区城镇生活重点管控区（ZH33082520016）”，该单元空间布局引导为：禁止新建、扩建三类工业项目，现有三类工业项目改建不得增加污染物排放总量，鼓励现有三类工业项目搬迁关闭。禁止新建涉及一类重金属、持久性有机污染物排放等环境健康风险较大的二类工业项目。除工业功能区（小微园区、工业集聚点）外，原则上禁止新建其他二类工业项目。现有二类工业项目改建、扩建，不得增加管控单元污染物排放总量。严格执行畜禽养殖禁养区规定。推进城镇绿廊建设，建立城镇生态空间与区域生态空间的有机联系。本项目为医院核技术利用项目，隶属于医疗服务项目，不属于工业项目，因此符合《龙游县“三线一单”生态环境分区管控方案》的要求。

(4) 产业政策

本项目属于《产业结构调整指导目录（2019年本）》（2021年修改）中第十三项“医药”中第5款“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”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

(5) 污染物达标排放符合性

环境影响预测表明，本项目运营过程中产生的电离辐射和废气经采取一定的辐射防护和治理措施后，对周围环境与公众健康的辐射影响是可接受的，可以做到达标排放。

(6) 选址合理性分析

本项目用地属于医院用地，辐射工作场所位于医技楼一层和二层，用房性质为医疗用房，项目周围无环境制约因素。项目建设符合总体规划、土地利用总体规划、《龙游县“三线一单”生态环境分区管控方案》和国家产业政策。辐射工作场所实体边界外50m评价范围无自然保护区、风景名胜区、饮用水水源保护区、居民区及学校等环境敏感区。项目运营过程产生的电离辐射，经采取一定的辐射防护措施后，对周围环境与公众造成的影响是可接受的，故本项目的选址是合理的。

(7) “三线一单”符合性分析

1) 生态保护红线

本项目位于浙江省衢州市龙游县永安路与文靖路交叉口西侧，属于浙江省衢州市龙游县中心城区城镇生活重点管控区（ZH33082520016），不涉及生态保护红线，因此本项目符合生态保护红线的要求。

2) 环境质量底线

根据环境质量现状监测结果，本项目工作场所及周围 X- γ 辐射剂量率属于正常本底范围。在落实本报告提出的各项污染防治措施后，不会对周围环境产生不良影响，能维持周边环境质量现状，满足该区域环境质量功能要求，因此本项目符合环境质量底线要求。

3) 资源利用上线

本项目主要能源为电能，项目电能主要依托县城电力管网，且利用效率高。总体而言，本项目符合资源利用上线的要求。

4) 生态环境准入清单

本项目为医院使用 II 类射线装置项目，不属于工业类项目，满足管控措施，不在环境功能区负面清单内，符合环境准入负面清单的要求。

综上所述，本项目不涉及生态保护红线、符合环境质量底线、资源利用上线和环境准入负面清单的要求，本项目的建设符合“三线一单”要求。

(8) 实践正当性分析

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

(9) 项目可行性

综上所述，龙游健康产业中心 DSA 和 ERCP 核技术利用项目符合总体规划和土地利用规划，符合《龙游县“三线一单”生态环境分区管控方案》，符合产业政策，选址合理，符合“三线一单”要求，符合实践正当性，在落实本报告提出的各

项污染防治措施和辐射环境管理制度后，具备从事相应的辐射工作技术能力，对工作人员、公众人员和周围环境的辐射影响就可以控制在国家允许的标准范围之内。因此，从辐射安全和环境保护的角度论证，本项目建设是可行的。

13.2 建议与承诺

13.2.1 建议

加强辐射安全教育培训，提高辐射工作人员辐射防护意识，杜绝辐射事故发生。

13.2.2 承诺

(1) 建设单位承诺按照相关法律法规要求严格履行环评制度、辐射安全许可制度，按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4号）的要求自行验收，加强环保档案管理，由专人或兼职人员负责。

(2) 建设单位承诺严格按照本报告的屏蔽防护设计方案、辐射安全措施、辐射安全设施及装置、“三废”治理装置及措施等辐射环保内容进行建设。加强辐射工作人员的管理，监督人员防护用具的使用。

(3) 将本项目辐射工作人员纳入放射工作人员管理。

表 14 审批

<p>下一级环保部门预审意见</p> <p>经办人： _____ 公章 _____ 年月日</p>
<p>审批意见</p> <p>经办人： _____ 公章 _____ 年月日</p>

