

编号：FB22720008

核技术利用建设项目

温州市中心医院百里坊院区

DSA 项目环境影响报告表

(公示稿)

温州市中心医院(温州市肿瘤医院、温州市医药科学研究所)

二〇二二年八月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

温州市中心医院百里坊院区

DSA 项目环境影响报告表

建设单位名称：温州市中心医院(温州市肿瘤医院、温州市医药科学研究所)

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：温州市鹿城区百里东路 252 号

邮政编码：325000 联系人：朱*

电子邮箱：578***@qq.com 联系电话：134****7099

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	24
表 9 工程分析与源项	29
表 10 辐射安全与防护	34
表 11 环境影响分析.....	39
表 12 辐射安全管理	55
表 13 结论与建议	60
表 14 审批	65
附图	66
附图 1 项目地理位置图.....	66
附图 2 项目平面布置图.....	67
附图 3 项目周边关系及评价范围示意图.....	68
附图 4 辐射场所分区示意图.....	69
附图 5 五层平面图（改建前）	70
附图 6 五层平面图（改建后）	71
附图 7 四层平面图（楼下）	72
附图 8 技术层平面图（楼上）	73
附图 9 本项目与环境管控单元位置关系.....	74
附图 10 医院现场环境照片及主持人现场照片.....	75
附件	76
附件 1 环评委托书.....	76
附件 2 医院现有相关规章制度.....	77

附件 3	辐射安全许可证.....	93
附件 4	医院现有核技术利用项目环保相关文件.....	105
附件 5	辐射环境现状监测报告.....	143
附件 6	个人剂量监测报告.....	151
附件 7	现有工作人员培训资料.....	206
附件 8	事业单位法人证书.....	226
附件 9	年度评估报告（2021 年度）.....	227
附件 10	专家意见.....	232
附件 11	修改说明.....	235
附件 12	评估意见.....	236

表 1 项目基本情况

建设项目名称		温州市中心医院百里坊院区 DSA 项目			
建设单位		温州市中心医院（温州市肿瘤医院、温州市医药科学研究所）			
法人代表	孙*	联系人	朱*	联系电话	134****7099
注册地址		温州市大简巷 32 号			
项目建设地点		温州市鹿城区百里东路 252 号（百里坊院区）7 号楼五楼 DSA2 室			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）	1000	项目环保投资（万元）	100	投资比例（环保投资/总投资）	10%
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" 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 项目概述				
1.1.1 建设单位概况					
<p>温州市中心医院（温州市肿瘤医院、温州市医药科学研究所，以下简称温州市中心医院）前身是温州市第二人民医院，2012 年经浙江省卫生厅批准，从温州市第二人民医院更名为温州市中心医院。医院现有百里坊、双屿和南白象三个院区（百里坊院区又称东院，双屿院区又称西院），总占地面积 111 亩，总建筑面积 13 万平方米，核定床位 1250 张，实际开放床位 1345 张，47 个病区，47 个临床专科，30 个医技及辅助科室，拥有神经病学、肿瘤放疗科等 2 个省市共建重点学科，神经外</p>					

科、血液内科等 2 个浙江省区域专病中心。2020 年门诊量 111.22 万人次，年出院 4.93 万人次。医院拥有 Discovery PET/CT 710、西门子 3.0T 超导磁共振（MR）、飞利浦双梯度核磁共振（MR）、西门子数字平板血管造影机（DSA）、西门子 128 层 4D 螺旋 CT、瓦里安电子直线加速器、奥林巴斯大型生化分析仪、美国 ABI3130 基因测序仪、东芝数字化多功能 X 线系统（ERCP 专用机）、奥林巴斯超声胃镜等一大批先进的医疗仪器设备。

1.1.2 建设目的和任务由来

为了满足人民群众对健康日益增长的需求，提高医院总体的医疗水平，提高疑、难、危症的诊断治疗能力，促进医院结构完善和当地卫生事业发展，医院将百里坊院区 7 号楼五楼原有仪器室、麻醉药品存放室、缓冲、麻醉医师值班室、主任办公室、走廊等区域改造为 DSA2 室及其附属用室，新增 1 台数字减影血管造影机（以下简称 DSA），最大管电压 125V，最大管电流 1063mA。

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 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，温州市中心医院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：将百里坊院区 7 号楼五楼原有仪器室、麻醉药品存放室、缓冲、麻醉医师值班室、主任办公室、走廊等区域（原有区域平面图见附图 5）改造为 DSA2 室及其附属用室，新增 1 台数字减影血管造影机（以下简称 DSA），最大管电压 125V，最大管电流 1063mA。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)	用途	工作场所	类别	备注
1	DSA	1	125	1063	影像诊断和介入治疗	DSA2 室	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 15 名辐射工作人员，均从现有 DSA 辐射工作人员进行内部调配，分成 3 组（每组医师 2 人，护士 1 人，技师 2 人），人员配置情况见下表。

表 1-2 本项目人员配置情况

序号	职位	人数	备注
1	医师	6	—
2	技师	6	—
3	护士	3	—
总计		15	—

(2) 工作制度

根据医院提供资料，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

根据医院提供资料，本项目 DSA 投入运行后预计年最大手术量为 900 台，主要开展心脏血管、神经介入、外周和综合介入手术，预计单台手术最大减影时间不超过 1min，最大透视时间不超过 20min。

1.2 项目选址及周边环境保护目标

1.2.1 项目地理位置

温州市中心医院百里坊院区位于温州市鹿城区百里东路 252 号，医院东侧为居民区；南侧为百里东路，隔路为居民区及沿街商铺；西侧为居民区；北侧为居民区和永宁巷。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 DSA 机房位于 7 号楼五楼。7 号楼东侧为院内道路，隔路脑科中心；南侧为院内道路，隔路为 2 号楼、门诊大楼和行政综合楼；西侧为道路，隔路为居民

区；北侧为院内道路，隔路为 11 号楼、配电楼、9 号楼和居民区。

本项目 DSA 机房东距脑科中心 10m，东南距行政综合楼 40m，南距门诊大楼 47.7m，西南距 2 号楼 63m，西距居民区 62m，西北距 8 号楼 63m，距居民区 67m，距 9 号楼 52m，距配电楼 25m，北距 10 号楼 39m，距 11 号楼 23m，距居民区 56m。医院总平面布置及项目周边关系见附图 3。

(2) 项目机房周边环境关系

本项目 DSA2 室东侧为设备室，南侧为设备室、麻醉药品、楼梯间、西侧为控制室、北侧为走廊和 DSA 机房，楼上为技术层，楼下为分娩室、走廊、库房和医生休息室。项目所在楼层平面图见附图 6，4 层平面图见附图 7，技术层平面图见附图 8。

1.2.3 相关政策符合性

(1) 总体规划符合性

目前《温州市国土空间总体规划（2021-2035）》暂未批准施行，本次评价依据目前的《温州市城市总体规划（2003—2020 年）》（2017 年修订）进行分析。

根据《温州市城市总体规划（2003—2020 年）》（2017 年修订），温州市市域空间构建“一主两副三极多点”、强化各级中心城市集聚整合的网络型市域城镇体系空间结构。“一主”是指以温瑞平原为市域主中心。“两副”是指以乐清和平苍（平阳-苍南）两个组团型城镇群为市域南北两个副中心。“三极”是指三个带动山区城镇化和旅游、文化产业发展的增长极，分别是永嘉、文成和泰顺的县城。“多点”是指多个支撑全市城镇化发展的其它小城市（镇），为周边村镇提供均等化的公共服务和就业。

本项目位于温州市鹿城区百里东路 252 号（百里坊院区），属于市域主中心。本项目为医疗服务项目，为城镇居民提供医疗卫生服务，可方便人民享受便利的基本公共服务，有利于促进社会服务、基础设施建设等城镇功能的建设完善，与规划是相符的。

(2) 土地利用规划符合性

本项目选址在温州市鹿城区百里东路 252 号（百里坊院区）7 号楼五楼 DSA2 室，属于规划的允许建设区范围内，用地性质为医院用地（A51）。

(3) 《浙江省温州市“三线一单”生态环境分区管控方案》符合性

根据《浙江省温州市“三线一单”生态环境分区管控方案》，本项目位于“浙江省温州市鹿城区生活重点管控区（ZH33030220004）”，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。禁止在工业功能区（小微园区、工业集聚点）外新建二类工业项目。城市蓝线范围内严格执行《温州市城市蓝线管理办法》，禁止违反城市蓝线保护和控制要求的建设活动；禁止擅自填埋、占用城市蓝线内水域；禁止影响水系安全的爆破、采石、取土；禁止擅自建设各类排污设施；禁止其他对城市水系保护构成破坏的活动。污水收集管网范围内，禁止新建除城镇污水处理设施外的入河（或湖或海）排污口，现有的入河（或湖或海）排污口应限期纳管。颁布一年内本管控单元按照一般管控单元准入执行。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《浙江省温州市“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7号楼五楼DSA2室，用房性质为医疗用房，辐射工作场所周围50m范围内大部为医院内部建筑和道路，部分涉及东侧、北侧居民区。项目运营过程中产生的电离辐射、臭氧、氮氧化物，在采取防

护、治理措施后，根据表 11 分析结果，对周围环境特别是楼下分娩室的影响是可以接受的，故本项目的选址是可行的。

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

本项目选址在温州市鹿城区百里东路 252 号（百里坊院区）7 号楼五楼 DSA2 室，属于“浙江省温州市鹿城区生活重点管控区（ZH33030220004）”，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，项目电能主要依托城市电力管网，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

1.3.1 原有核技术利用项目许可情况

温州市中心医院已取得《辐射安全许可证》（浙环辐证[C2513]，见附件 3），许可种类和范围：使用Ⅲ类、Ⅴ类放射源；使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置；使用非密封放射性物质，丙级非密封放射性物质工作场所，有效期为：2022年3月7日~2022年9月27日。

核技术利用项目环保履行情况具体见表 1-3~1-5。

表 1-3 医院原有放射源使用情况

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	环评情况	验收情况
1	¹⁹² Ir	3.7E+11	Ⅲ	使用	后装治疗	西院后装机机房	浙环辐〔2005〕5号	
2	⁶⁸ Ge	3.5E+06	Ⅴ	使用	PET校准	东院 PETCT 中心	温环辐〔2016〕22号	自主验收（2018年12月21日）
3	⁶⁸ Ge	1.85E+07	Ⅴ	使用				

表 1-4 医院原有非密封放射性物质使用情况

序号	核素名称	使用场所	日等效最大操作量(Bq)	年最大使用量(Bq)	场所等级	活动种类和范围	环评情况	验收情况
1	¹⁸ F	东院 PETCT 中心	7.4E+06	2.2E+12	丙级	使用	温环辐〔2016〕22号	自主验收（2018年12月21日）

表 1-5 医院原有核技术应用项目射线装置清单

序号	装置名称	型号	类别	场所*	环评情况	验收情况
1	口腔全景 X 光机	ORTHOPHOS XG5	Ⅲ类	东院 5 号楼三 楼全景机房	温环辐〔2010〕16号	已验收，详见 2010年11月10日的原温州市环境保护局意见

2	口内 X 射线机	Focus	III 类	东院口腔科	备案号：201933030200000454	
3	口腔 CT (口腔 X 射线计算机体层摄影设备)	KaVo 3D eXami	III 类	口腔科五楼口腔 CT 机房	备案号：201933030200000454	
4	直线加速器	Trilogy	II 类	西院放疗中心 加速器机房 2	温环辐 (2015) 14 号	已验收
5	直线加速器	CL23EX	II 类	西院放疗中心 加速器机房 1	批复遗失	浙环建检 (2002) 32 号
6	直线加速器	Urt-linac 506c	II 类	西院放疗中心 加速器机房 3	温环辐 (2018) 8 号	自主验收 (2021 年 2 月 4 日)
7	DSA	AXIOM Artis dta	II 类	东院 7 号楼二 楼 DSA1 机房	温环辐 (2013) 9 号	温环辐验 (2016) 11 号
8	DSA	Artist Q ceiling	II 类	西院 1 号楼 1 楼 DSA 机房	温环辐 (2021) 12 号	自主验收 (2021 年 10 月 19 日)
9	DSA	Artis Zee III biplane	II 类	东院 7 号楼二 楼 DSA2 机房	温环辐 (2013) 9 号	温环辐验 [2016]11 号
10	DSA	Azurion 7M20	II 类	东院 7 号楼 5 楼手术室	温环辐 (2022) 03 号	自主验收 (2022 年 6 月)
11	大孔径 CT	Discovery CT 590 RT	III 类	西院放疗中心 CT 机房	温 鹿 环 函 [2015]7 号	已 验 收 ， 详 见 2017 年 1 月 12 日 的原温州市鹿城 区环境保护局意 见
12	CT 机	Brightspeedlite	III 类	东院 5 号楼一 楼 CT 机房 2	温 环 辐 (2010) 16 号	已 验 收 ， 详 见 2010 年 11 月 10 日的原温州市环 境保护局意见
13	CT	Lightspeed pro16	III 类	东院 5 号楼一 楼 CT 机房 1	温 环 辐 (2010) 16 号	已 验 收 ， 详 见 2010 年 11 月 10 日的原温州市环 境保护局意见
14	CT 机	SOMATON Definition AS	III 类	东院 7 号楼一 楼 CT 机房	温 鹿 环 函 [2013]48 号	已 验 收 ， 详 见 2016 年 7 月 13 日 的原温州市鹿城 区环境保护局意 见
15	X 射线计 算机体层 摄影设备	uCT510	III 类	西院放射科 CT 机房	温州市鹿城区原环境保护局说明 (20170605)	
16	PET/CT	Discovery PET/CT 710	III 类	东院 PETCT 中心	温环辐 [2016]22 号	自主验收 (2018 年 12 月 21 日)

17	CT 机	Incisive CT Power	III 类	CT 室	备案号: 202133030200000012	
18	移动 X 射线机	SM-5HF-B-D-C	III 类	西院 3 号楼 4 楼 ICU	备案号: 202133030200000012	
19	数字化移动式摄影 X 射线机	DRXR-1	III 类	东院 ICU	备案号: 201833030200000029	
20	数字化乳腺 X 射线诊断系统	FDR MS-3500	III 类	西院放射科钼靶机房	备案号: 202133030200000012	
21	乳腺钼靶机	Selenia Dimensions	III 类	东院 5 号楼三楼钼靶机房	温环辐 [2010]16 号	已验收, 详见 2010 年 11 月 10 日的原温州市环境保护局意见
22	移动 X 射线机	M40-1A	III 类	东院 5 号楼 12 楼新生儿科	备案号: 202133030200000012	
23	数字化医用 X 射线摄影系统 (DR)	DRX-Evolution	III 类	西院放射科拍片机房	温鹿环函 [2015]7 号	已验收, 详见 2017 年 1 月 12 日的原温州市鹿城区环境保护局意见
24	多功能数字胃肠机	DRF-3 型	III 类	东院 5 号楼 4 楼放射科	备案号: 202133030200000012	
25	DR	MULTIX PRO	III 类	东院体检中心拍片机房	温鹿环函 [2015]7 号	已验收, 详见 2017 年 1 月 12 日的原温州市鹿城区环境保护局意见
26	DR	YSIO	III 类	东院 5 号楼三楼拍片室	温鹿环函 [2015]7 号	已验收, 详见 2017 年 1 月 12 日的原温州市鹿城区环境保护局意见
27	DR 摄片系统	Digitaldiagonst	III 类	东院 5 号楼三楼拍片室	温环辐 [2010]16 号	已验收, 详见 2010 年 11 月 10 日的原温州市环境保护局意见
28	骨密度	Discover Wi	III 类	东院 5 号楼四楼骨密度机房	温鹿环函 [2015]7 号	已验收, 详见 2017 年 1 月 12 日的原温州市鹿城区环境保护局意见

29	多功能数字胃肠机	MDX8000	III类	东院5号楼二楼内镜中心	温鹿环函 [2011]106号	已验收, 详见 2016年7月13日的原温州市鹿城区环境保护局意见
30	移动式C臂	BV-Endura	III类	东院7号楼5楼手术室	备案号: 201933030200000454	
31	移动式C臂	BV-Endura	III类	东院7号楼5楼手术室	备案号: 201933030200000454	
32	体外冲击波碎石机	Compat DeltaII	III类	东院5号楼三楼碎石机房	温鹿环函 [2015]7号	已验收, 详见 2017年1月12日的原温州市鹿城区环境保护局意见
33	双能X射线骨密度仪	EXA-3000	III类	体检中心	202133030200000171	
34	移动X射线机	M40-1A型	III类	东院5号楼11楼新生儿科	202133030200000012	

注: *东院指百里坊院区, 西院指双屿院区。

1.3.2 原有核技术利用管理情况

医院严格遵守《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关辐射防护法律、法规, 配合各级生态环境部门监督和指导, 辐射防护设施运行、维护、检测工作良好, 在辐射安全和防护制度的建立、落实以及档案管理等方面运行良好。医院从事辐射诊疗以来, 未发生过辐射安全事故, 不存在辐射环境污染及环境遗留问题。

(1) 医院已成立了辐射安全与环境保护管理机构, 制定了一系列的辐射工作管理制度, 其中包括辐射事故应急预案、电离辐射危害告知、放射防护安全管理制度、放射工作人员管理制度、放射工作人员职业健康管理制度、放射事故预防措施、放射诊疗质量保证制度、受检者告知制度、放疗物理师岗位职责、放射性同位素使用登记制度、辐射安全与防护保卫制度、放射性同位素的退役回收和运输制度、辐射许可证的变更及注销制度、放射性同位素工作人员计量档案管理制度、辐射事故应急措施、加速器机房工作制度、后装机房工作制度、X线摄影室管理制度、CT室岗位制度、DSA室管理制度, 放射源设备的检测维护制度、射线装置的检

修维护制度、技术人员岗位职责、各仪器设备操作规程等。

医院现有管理制度内容较为全面，符合相关要求。医院严格落实各项规章制度，各辐射防护设施运行、维护、检测工作良好，在辐射安全和防护制度的建立、落实及档案管理等方面运行较好。

(2) 辐射工作期间，要求辐射工作人员佩戴个人剂量计，个人剂量计最长不超过 90 天送检一次，并为辐射工作人员现有建立剂量健康档案并终生存档保存。医院开展了辐射工作人员（共计 187 人）进行剂量监测，现有辐射工作人员个人剂量监测报告见附件 6。由监测报告结果可以看出：个人剂量计均为完好状态，2021 年第一季度~2022 年第一季度连续五个季度的辐射工作人员个人剂量监测结果符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对辐射工作人员要求的剂量限值，即年剂量约束值 5mSv。

(3) 医院已组织现有辐射工作人员参加放射防护知识培训并考核合格（附件 7）。医院应组织辐射工作人员按时接受再培训。

(4) 医院对现有辐射工作人员开展有健康检查，并建有职业健康档案。辐射工作人员岗前、在岗期间和离岗前均进行职业健康体检，在岗期间体检周期不超过 2 年。

(5) 医院现有辐射工作场所均实行“两区”管理，划分明确的监督区和控制区；控制区入口设置有电离辐射警示标识；使用 II 类、III 类射线装置机房均按要求设置有门灯联锁和工作状态指示灯等设施，机房防护和个人防护用品满足 GBZ130 的相关要求。后装治疗机房设置有门机联锁和工作状态指示灯，治疗室内设有急停开关、视频监控及固定剂量报警装置等；PET/CT 机房设置有门灯联锁和工作状态指示灯，非密封放射性物质工作场设有相对独立的医护和患者通道，设有满足要求的放射性固废和放射性废水衰变处理设施，产生的放射性固废在废物间暂存满足要求后按普通医疗废物处理，产生的放射性废水经衰变后排放至医院污水处理站，经进一步处理后纳入市政污水管网。

(6) 医院每年定期委托有资质的单位对辐射工作场所和设备性能进行年度监测，根据建设单位提供的监测报告，各辐射工作场所监测结果均满足相关标准要求，医院现已采取的辐射工作场所防护措施能够满足已开展辐射活动的辐射安全防护要求。

(7) 辐射应急演练和年度评估

医院已制定有《辐射事故应急预案》，经医院核实，自辐射活动开展以来，未发生过辐射事故。

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

表 2 放射源

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

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

表 3 非密封放射性物质

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

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

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	DSA	II类	1	—	125	1063	影像诊断与介入治疗	7号楼5层 DSA2室	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)	储存方式	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、常见废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/m³，气态为 mg/m³；年排放总量用 kg。

2、含有放射性的废物要标明其排放浓度、年排放总量，单位分别为 Bq/L（kg、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九号，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六号，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 日国务院令第六八二号修订，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》，国务院令第四百四十九号，2019 年 3 月 2 日《国务院关于修改部分行政法规的决定》（国务院令第七〇九号）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》（国家环保总局第三十一号令；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 年第六十六号，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十八号令，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》省政府令第三百八十八号，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》（HJ10.1-2016）；</p> <p>(3) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）；</p> <p>(4) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；</p> <p>(5) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）；</p> <p>(6) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>(7) 《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）；</p> <p>(8) 《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）。</p>
<p>其 他</p>	<p>(1) 温州市中心医院环境影响评价委托书；</p> <p>(2) 温州市中心医院提供的设计图纸；</p> <p>(3) 温州市中心医院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《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）中规定的“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”的要求，确定本项目评价范围为 DSA2 室实体屏蔽物边界外 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，DSA2 室实体屏蔽物边界外 50m 区域内主要为医院内部区域和居民区。

结合本项目的评价范围，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	
设备室	东侧	0	0	1 人次/d
设备室	南侧	0	0	1 人次/d
麻醉药品	南侧	0	0	2 人次/d
楼梯间	南侧	0	0	50 人次/d
控制室	西侧	0	0	5 人次/d
走廊	北侧	0	0	15 人次/d
DSA 机房	北侧	0	0	4 人次/d
技术层	楼上	0	4.5	2 人次/d
分娩室、走廊、库房和医生休息室	楼下	0	4.5	20 人次/d
7 号楼其他区域	50m 范围内			1000 人次/d
脑科中心	东侧	10	0	500 人次/d
居民区	东侧	33	9	100 人次/d
行政综合楼	东南	40	4.5	300 人次/d
门诊大楼	南	47.7	4.5	2000 人次/d
配电楼	北	25	9	10 人次/d
10 号楼	北	39	9	50 人次/d
11 号楼	北	23	9	100 人次/d

其他区域	50m 范围内	1000 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职业照射水平进行控制, 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 作为管理约束值。

b) 任何一年中的有效剂量, 50mSv;

c) 眼晶体的年当量剂量, 150mSv; 本项目取不超过 20mSv 作为管理约束值。

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 作为医生手部的管理约束值。

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 作为管理约束值。

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 及以下的摄影机房	2.0	1.0

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 机房出入口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	铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护屏/床侧防护帘	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	选配：移动铅防护屏风	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。

(3) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）

本标准规定了职业性外照射个人监测的要求和方法。

本标准适用于职业性外照射个人监测。

4 监测要求

4.3 监测周期或频次

4.3.1 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，最长不应超过 3 个月。

5 监测系统与使用要求

5.2 剂量计

5.2.3 对于强贯穿辐射和弱贯穿辐射的混合辐射场，弱贯穿辐射的剂量贡献 $\leq 10\%$ 时，一般可只监测 $H_{p(10)}$ ；弱贯穿辐射的剂量贡献 $> 10\%$ 时，宜使用能识别两者的鉴别式个人剂量计，或用躯体剂量计和局部剂量计分别测量 $H_{p(10)}$ 和 $H_{p(0.07)}$ 。

5.3 佩戴

5.3.1 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。

5.3.2 对于如介入放射学、核医学放射药物分装与注射等全身受照不均匀的工作情况，应在铅围裙外锁骨对应的领口位置佩戴剂量计。

5.3.3 对于 5.3.2 所述工作情况，建议采用双剂量计监测方法（在铅围裙内躯干上

再佩戴另一个剂量计)，且宜在身体可能受到较大照射的部位佩戴局部剂量计(如头箍剂量计、腕部剂量计、指环剂量计等)。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理位置和场所描述

温州市中心医院百里坊院区位于温州市鹿城区百里东路 252 号，医院东侧为居民区；南侧为百里东路，隔路为居民区及沿街商铺；西侧为居民区；北侧为居民区和永宁巷。项目地理位置见附图 1。

本项目 DSA2 室东侧为设备室，南侧为设备室、麻醉药品、楼梯间、西侧为控制室、北侧为走廊和 DSA 机房，楼上为技术层，楼下为分娩室、走廊、库房和医生休息室。

8.2 辐射环境背景监测

1、监测目的

本次监测目的为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	10nSv/h~100mSv/h,100nSv~1Sv
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：2022.07.14。

7、监测条件：天气晴；温度 25℃；空气湿度 60%。

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 和图 8-2。

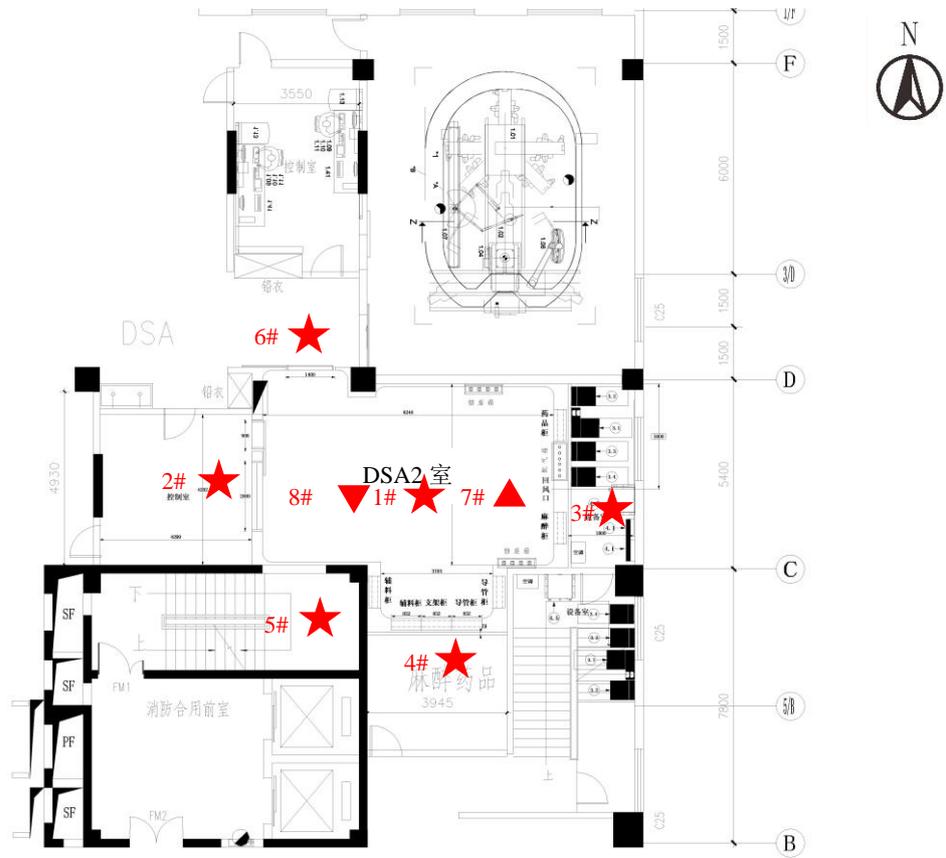


图 8-1 X-γ 辐射剂量率现状监测布点示意图

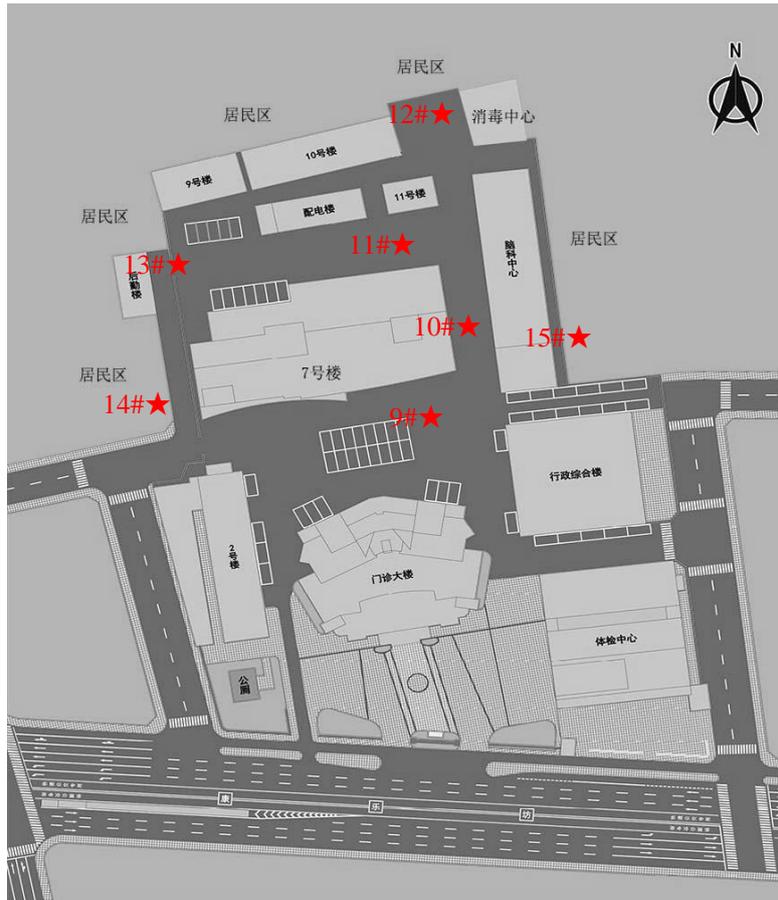


图 8-2 X- γ 辐射剂量率现状监测布点示意图

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 DSA2 室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)	
		测量值	标准差
1#	DSA2 室内	128	2
2#	控制室内	161	3
3#	设备间内	113	1
4#	麻醉药品间	157	3
5#	楼梯间	173	3
6#	DSA2 室门口	145	2
7#	DSA2 室楼上	123	3
8#	DSA2 室楼下	159	2
9#	7 号楼南侧停车场	149	2
10#	7 号楼东侧道路上	152	2
11#	7 号楼北侧道路上	130	2
12#	居民区南	132	2
13#	居民区东南	148	1
14#	居民区东道路上	149	2
15#	居民区西道路上	128	1

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 k₁×仪器检验源效率因子 k₂÷空气比释动能和周围剂量当量的换算系数-屏蔽修正因子 k₃×测量点宇宙射线响应值 D_c，校准因子 k₁ 为 1.12，仪器使用 ¹³⁷Cs 进行校准，效率因子 k₂ 取 1，换算系数为 1.20Sv/Gy，k₃ 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 128nGy/h~173nGy/h（即 $12.8 \times 10^{-8} \text{Gy/h} \sim 17.3 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ ）和 128nGy/h ~ 152nGy/h（即 $12.8 \times 10^{-8} \text{Gy/h} \sim 15.2 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ ），根据《浙江环境天然贯穿辐射水平调查研究》可知，温州地区建筑物室内的 γ 辐射剂量率在 $7.3 \times 10^{-8} \text{Gy/h} \sim 19.8 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ ，道路 γ 辐射剂量率在 $3.6 \times 10^{-8} \text{Gy/h} \sim 15.4 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ ，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 工程分析与源项

9.1 施工期工艺分析

本项目不新建建筑，施工期主要建设内容为 DSA 机房及其配套用房的防护改造和装修，不涉及辐射影响，本次评价不进行分析。

本项目 DSA 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

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。

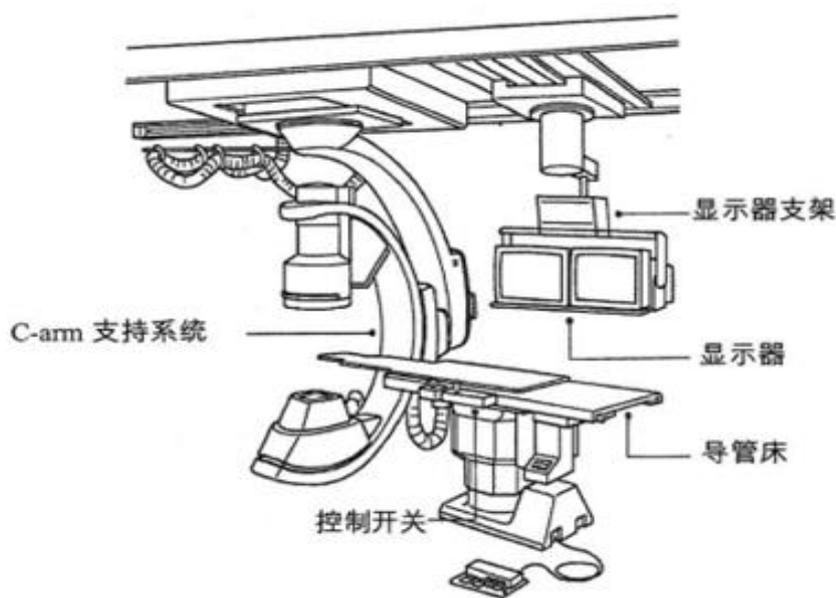


图 9-1 典型 DSA 装置整体外观示意图

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 。

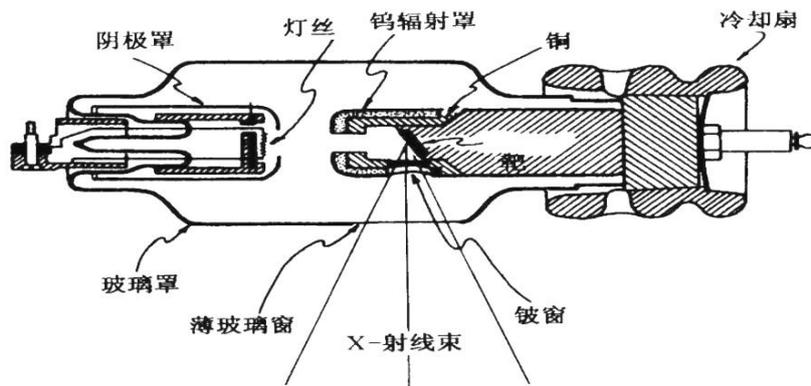


图 9-2 典型 X 射线管结构图

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 是通过电子计算机进行辅助成像的血管造影方法，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血管图像。这种图像较以往所用的常规脑血管造影所显示的图像更清晰和直观，一些精细的血管结构亦能显示出来。且对比度分辨率高，减去了血管以外的背景，尤其使与骨骼重叠的血管能清楚显示；由于造影剂用量少，浓度低，损伤小、较安全；节省胶片使造影价格低于常规造影。通过医用血管造影 X 射线机处理的图像，使血管的影像更为清晰，在进行介入手术时更为安全。

9.2.3 操作流程及产污环节

(1) DSA 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 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 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

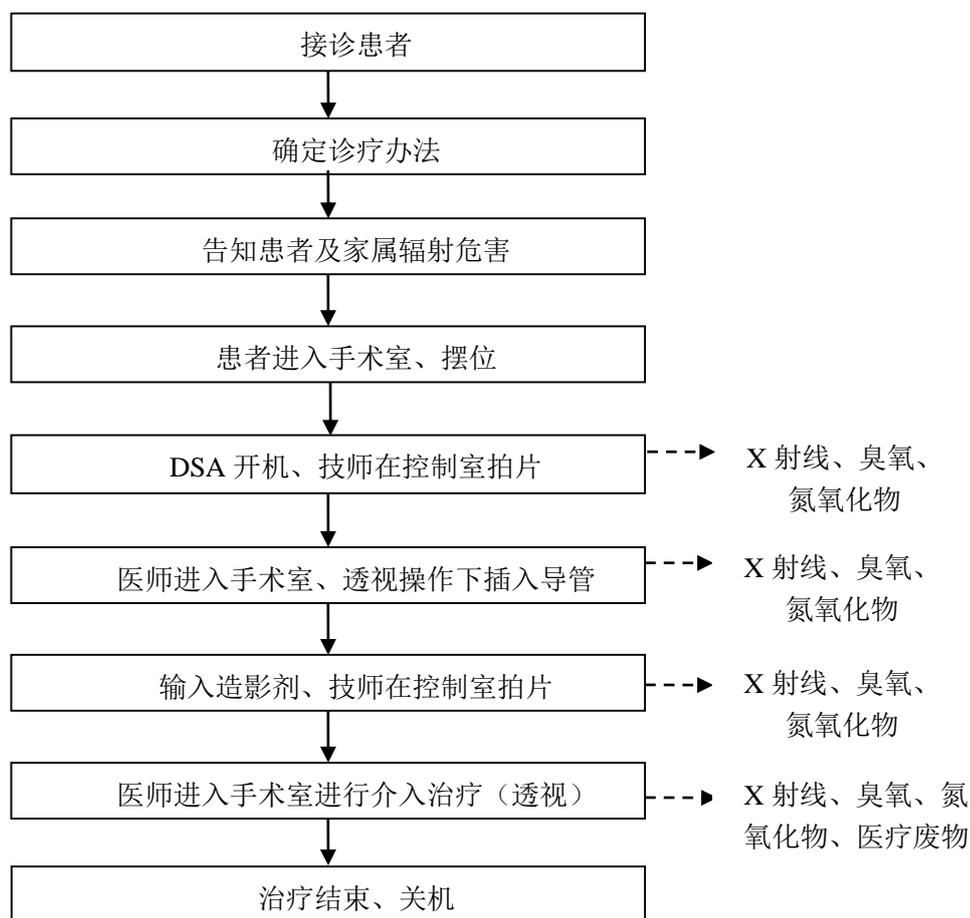


图 9-3 DSA 操作流程及产污环节图

DSA 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。介入治疗会使用一次性耗材及一次性清洁用品，产生少量医疗废物。射线装置操作流程及产污环节如图 9-3 所示。

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

9.2.4 路径规划情况

(1) 工作人员路径：本项目工作人员自北侧走廊进入控制室，自控制室进入 DSA 机房。

(2) 患者路径：本项目患者自走廊进入 DSA 机房，手术后自 DSA 机房离开。

(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手术后收集送至医院指定地点。

以上人流及物流路径见附图 6。

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 机房屏蔽对隔壁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。介入治疗会使用一次性耗材及一次性清洁用品，产生少量医疗废物。

9.3.2 事故工况

本评价项目使用 DSA 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 1 台 DSA 位于 7 号楼五楼 DSA2 室内。DSA 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
DSA2 室	7 号楼五楼	东侧	设备室
		南侧	设备室、麻醉药品、楼梯间
		西侧	控制室
		北侧	走廊和 DSA 机房
		楼上	技术层
		楼下	分娩室、走廊、库房和医生休息室

本项目平面布置情况见附图 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

本项目工作场所拟进行如下控制区和监督区划分：

①拟将 DSA2 室内部区域划为控制区；拟在控制区的进出口及适当位置处设置醒目的电离辐射警告标志和工作状态指示灯；拟制定辐射安全防护管理制度，严格限制无关人员进出控制区，在正常工作过程中，区内不得有无关人员进入；

②拟将控制室划为监督区；对该区不采取专门防护手段安全措施，但要定期检测其辐射剂量率。在正常工作过程中，区内不得有无关人员滞留。

本项目控制区和监督区划分情况见表 10-2 和附图 8。

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	DSA2 室	机房内部	控制室、设备室、麻醉药品、楼梯间、走廊

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 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 本项目机房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 2 室	东墙	钢结构支架+2mmpb 硫酸钡板+3mmpb 铅板	5.0	2.0	达标
	南墙	24cm 空心粘土砖+4cm 厚硫酸钡防护涂料	4.0	2.0	达标
	西墙	24cm 空心粘土砖+4cm 厚硫酸钡防护涂料	4.0	2.0	达标
	北墙	24cm 空心粘土砖+4cm 厚硫酸钡防护涂料	4.0	2.0	达标
	顶棚	12cm 混凝土+3mmpb 硫酸钡板	4.8	2.0	达标
	地坪	12cm 混凝土+3mmpb 硫酸钡板	4.8	2.0	达标
	患者进出门	内衬 4mm 铅板	4.0	2.0	达标
	医生工作门	内衬 4mm 铅板	4.0	2.0	达标

观察窗	20mm 铅玻璃	4.0	2.0	达标
<p>注 1: 本项目使用的铅密度为 11.3g/cm³, 涂料硫酸钡水泥密度不低于 2.79g/cm³, 混凝土密度不低于 2.35g/cm³。</p> <p>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 100kV(主射)相关参数进行保守折合, 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 4cm 硫酸钡水泥等效为 4mmPb; 铅玻璃按取 4.6g/cm³ 核算等效屏蔽厚度, 20mm 铅玻璃折算为 4mmPb, 保守考虑空心粘土砖视为无屏蔽效果。</p>				

通过上表可知, 本项目 DSA2 室四面墙体、顶棚、地坪、患者进出门、医生工作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)	
DSA2 室	4.7	37.6	3.5	20	符合

通过上表可知, 本项目 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 DSA2 室的布局、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 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, 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患者进出门外设置电离辐射警告标志、醒目的工作状态指示灯，灯箱处应设警示语句。患者进出门为电动推拉门，设置红外线防夹装置，设门灯联锁装置，保证工作状态指示灯与防护门实现联锁功能。医生工作门为平开门，设置自动闭门装置。

②控制室墙上拟张贴相应的辐射工作制度、操作规程、岗位职责和事故应急预案等。

③DSA 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患者进出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 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控制室面向机房一侧墙面设置有观察窗，可实时监控机房内情况，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，设计通风次数 18 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	
DSA 2 室	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 5	铅悬挂防护屏/铅防护吊帘、床侧防护帘/床侧防	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	符合

		套	护屏各 1 件		护屏 选配：移动 铅防护屏风	
患者和 受检者		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。						

表 10-6 本项目机房其他辐射防护措施分析

标准要求	本项目设计	是否符合
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。	控制室面向机房一侧墙面设置有观察窗，可实时监控机房内情况，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。	符合
6.4.2 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。	本项目机房内不堆放与该设备诊断工作无关的杂物。	符合
6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。	机房设置动力通风装置，设计通风次数 18 次/h，保证机房内有良好的通风	符合
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。	患者进出门外设置电离辐射警告标志、醒目的工作状态指示灯，灯箱处应设警示语句。患者进出门为电动推拉门，设置红外线防夹装置，设门灯联锁装置，保证工作状态指示灯与防护门实现联锁功能。医生工作门为平开门，设置自动闭门装置。	符合
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。		符合
6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。		符合
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。	本项目不涉及	符合
6.4.10 机房出入门宜处于散射辐射相对低的位置。	根据表 11 分析，本项目机房出入门均处于辐射相对低的位置。	符合

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 DSA2 室设置通排风系统，通风换气次数为 18 次/h，DSA 机房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。介入手术产生的少量医疗废物收集后由医院统一处理。

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 DSA 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。

综上，本项目在采取了相应的措施之后，在建设阶段对周边外环境的影响很小，并随着工程的结束影响也随之消失，也不会有环境遗留问题。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 运行期正常工况环境影响分析

根据表 10-3、表 10-4 对本项目 DSA2 室的设计屏蔽方案的说明，本项目 DSA2 室的建设方案、防护措施等均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。

为了进一步评价屏蔽辐射防护效果以及该项目投入使用后对评价区域内医务人员及公众的辐射影响，本报告对 DSA2 室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

根据医院提供的相关资料，本项目拟使用的 DSA 最大管电压 125kV，最大管电流 1063mA。为了防止球管烧毁并延长其使用寿命，DSA 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）使用规划

根据医院提供的相关资料，本项目 DSA 投入运行后预计年最大手术量为 900 台，主要开展心脏血管、神经介入、外周和综合介入手术，预计单台手术最大减影时间不超过 1min，最大透视时间不超过 20min。出于保守考虑，本项目以最大累积曝光时长进行评价。单台手术的透视和减影工作状态的累积出束时间分别为 20min 和 1min，则 DSA 透视和减影工作状态的累积出束时间分别为 300h 和 15h。

(3) 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、眼部）、第二术者位（铅衣内外）、观察窗外 30cm、各防护墙体外 30cm 处、各防护门外 30cm 处、楼上离地面 100cm 处，楼下距楼下地面 170cm 处。

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 处的发射率为 1.776mGy/（mA·min）；80kV，0.5mmCu 滤过条件下，距靶 1m 处的发射率为 0.827mGy/（mA·min）。

则 DSA 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 $4.96 \times 10^5 \mu\text{Gy/h}$ 。

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

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， $\mu\text{Gy/h}$ ；

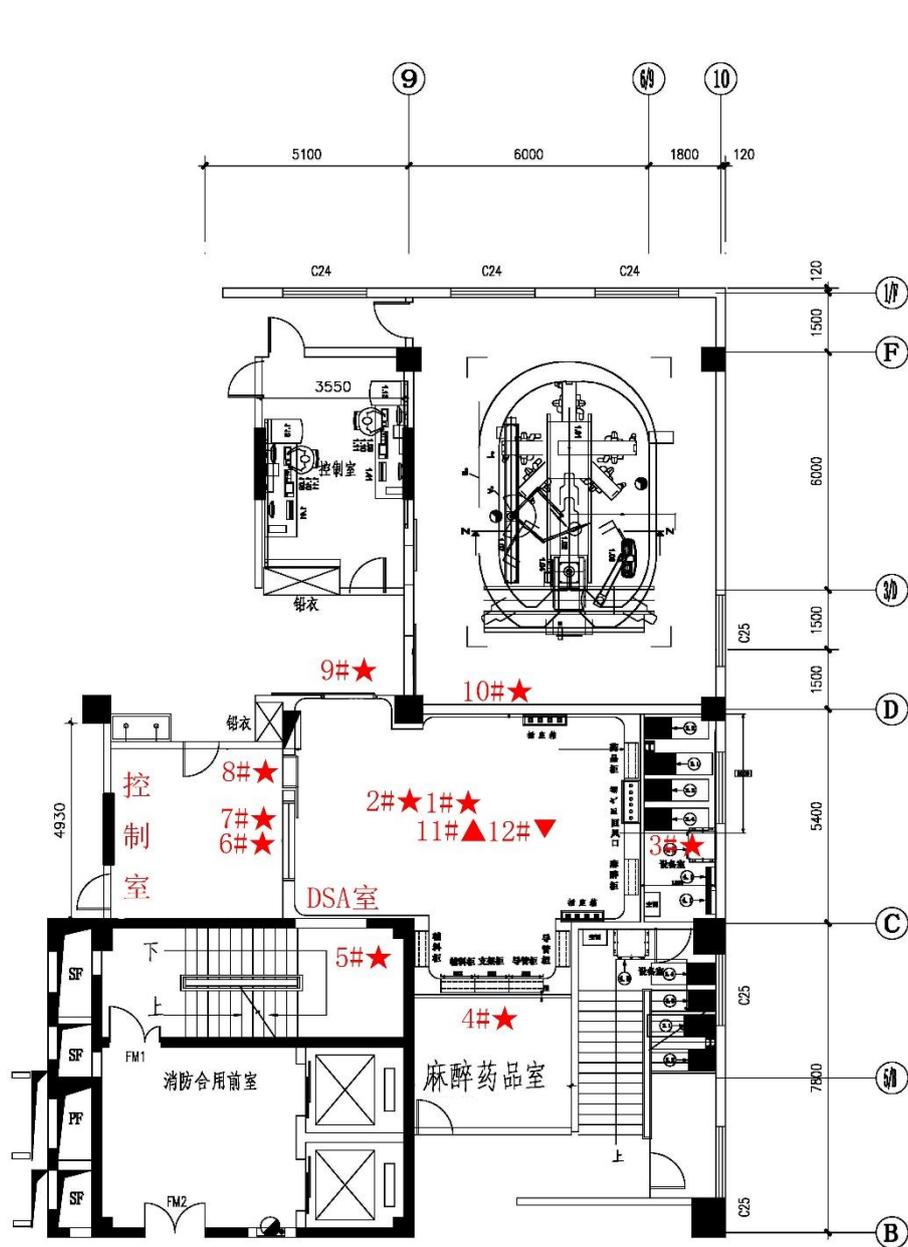
H_0 —距靶点 1m 处的最大泄露剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；根据《医用外照射源的辐射防护》（国际放射防护委员会第 33 号出版物），医用 X 射线管离焦点 1m 处所测得的泄露辐射在空气中的比释动能不超过 1mGy/h，本项目保守取距靶点 1m 处的泄露剂量率为 1mGy/h。

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，本项目各预测点屏蔽透射因子计算见表 11-2，DSA 透视模式、DSA 减影模式时各预测点附加剂量率计算见表 11-3 至表 11-4。关注

点位图见下图。



预测点：★ 楼上预测点：▲ 楼下预测点：▼

图 11-1 预测点位分布图

表 11-2 各预测点屏蔽透射因子计算结果

预测点	防护情况	铅当量厚度 /mmPb	B (80kV)	B (100kV 散射)	B (100kV 主射)	
1#	第一术者位 (铅衣外)	0.5mmPb 铅悬挂防护屏 (床侧防护帘)	0.5	1.37E-02	—	—
	第一术者位 (铅衣内)	0.5mmPb 铅衣+0.5mmPb 铅悬挂防护屏 (床侧防护帘)	1.0	1.43E-03	—	—
	第一术者位 (手部)	0.025mmPb 铅手套+0.5mmPb 铅悬挂防护屏	0.525	1.21E-02	—	—
	第一术者位 (眼部)	0.5mm 铅眼镜+0.5mmPb 铅悬挂防护屏	1.0	1.43E-03	—	—
2#	第二术者位 (铅衣外)	0.5mmPb 铅悬挂防护屏 (床侧防护帘)	0.5	1.37E-02	—	—
	第二术者位 (铅衣内)	0.5mmPb 铅衣+0.5mmPb 铅悬挂防护屏 (床侧防护帘)	1.0	1.43E-03	—	—
3#	东墙外 30cm 处	钢结构支架+2mmpb 硫酸钡板+3mmpb 铅板	5.0	1.28E-10	4.19E-07	2.78E-07
4#	南墙外 30cm 处	24cm 空心粘土砖+4cm 厚硫酸钡防护涂料	4.0	7.30E-09	5.14E-06	3.39E-06
5#	南墙外 30cm 处	24cm 空心粘土砖+4cm 厚硫酸钡防护涂料	4.0	7.30E-09	5.14E-06	3.39E-06
6#	西墙外 30cm 处	24cm 空心粘土砖+4cm 厚硫酸钡防护涂料	4.0	7.30E-09	5.14E-06	3.39E-06
7#	观察窗外 30cm 处	20mm 铅玻璃	4.0	7.30E-09	5.14E-06	3.39E-06
8#	医生工作门外 30cm 处	内衬 4mm 铅板	4.0	7.30E-09	5.14E-06	3.39E-06
9#	患者进出门外 30cm 处	内衬 4mm 铅板	4.0	7.30E-09	5.14E-06	3.39E-06
10#	北墙外 30cm 处	24cm 空心粘土砖+4cm 厚硫酸钡防护涂料	4.0	7.30E-09	5.14E-06	3.39E-06
11#	楼上 100cm 处	12cm 混凝土+3mmpb 硫酸钡板	4.8	2.88E-10	6.92E-07	4.58E-07
12#	楼下 170cm 处	12cm 混凝土+3mmpb 硫酸钡板	4.8	2.88E-10	6.92E-07	4.58E-07

注 1: 由于 DSA 减影模式工作时医生不在手术室内, 故不考虑术者位屏蔽透射因子

注 2: 透视情况下, 考虑手部受到铅悬挂防护屏/铅防护帘屏蔽, 并以受照剂量较大的左手做为预测点。

表 11-3 DSA 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 /($\mu\text{Gy/h}$)	
1#	第一术者位 (铅衣外)	1.37E-02	4.96E+05	0.3	1.0	0.0013	100	24.54	1000	0.3	152.26	176.80
	第一术者位 (铅衣内)	1.43E-03	4.96E+05	0.3	1.0	0.0013	100	2.56	1000	0.3	15.89	18.45
	第一术者位 (手部)	1.21E-02	4.96E+05	0.3	1.0	0.0013	100	21.67	1000	1.0	12.10	33.76
	第一术者位 (眼部)	1.43E-03	4.96E+05	0.55	1.0	0.0013	100	0.76	1000	1.55	0.60	1.36
2#	第二术者位 (铅衣外)	1.37E-02	4.96E+05	0.9	1.0	0.0013	100	2.73	1000	0.9	16.92	19.64
	第二术者位 (铅衣内)	1.43E-03	4.96E+05	0.9	1.0	0.0013	100	0.28	1000	0.9	1.77	2.05
3#	东墙外 30cm 处	1.28E-10	4.96E+05	6.0	1.0	0.0013	100	5.75E-10	1000	6.0	3.57E-09	4.14E-09
4#	南墙外 30cm 处	7.30E-09	4.96E+05	4.7	1.0	0.0013	100	5.32E-08	1000	4.7	3.30E-07	3.83E-07
5#	南墙外 30cm 处	7.30E-09	4.96E+05	3.0	1.0	0.0013	100	1.31E-07	1000	3.0	8.11E-07	9.41E-07
6#	西墙外 30cm 处	7.30E-09	4.96E+05	3.6	1.0	0.0013	100	9.07E-08	1000	3.6	5.63E-07	6.54E-07
7#	观察窗外 30cm 处	7.30E-09	4.96E+05	3.6	1.0	0.0013	100	9.07E-08	1000	3.6	5.63E-07	6.54E-07
8#	医生工作门外 30cm 处	7.30E-09	4.96E+05	4.0	1.0	0.0013	100	7.35E-08	1000	4.0	4.56E-07	5.29E-07

9#	患者进出门外 30cm 处	7.30E-09	4.96E+05	4.1	1.0	0.0013	100	7.00E-08	1000	4.1	4.34E-07	5.04E-07
10#	北墙外 30cm 处	7.30E-09	4.96E+05	3.5	1.0	0.0013	100	9.60E-08	1000	3.5	5.96E-07	6.92E-07
11#	楼上 100cm 处	2.88E-10	4.96E+05	4.4	1.0	0.0013	100	2.40E-09	1000	3.4	2.49E-08	2.73E-08
12#	楼下 170cm 处	2.88E-10	4.96E+05	3.9	1.0	0.0013	100	3.05E-09	1000	2.9	3.42E-08	3.73E-08

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)	$d_0(\text{m})$	α	s/cm^2	$H_s/$ ($\mu\text{Gy/h}$)	$H_0/$ ($\mu\text{Gy/h}$) (泄露)	B (100kV 主射)	R(m)	$H/$ ($\mu\text{Gy/h}$)	总附加剂 量率/ ($\mu\text{Gy/h}$)
3#	东墙外 30cm 处	5.33E+07	4.19E-07	6.0	1.0	0.0013	100	2.02E-04	1000	2.78E-07	6.0	7.72E-06	2.09E-04
4#	南墙外 30cm 处	5.33E+07	5.14E-06	4.7	1.0	0.0013	100	4.03E-03	1000	3.39E-06	4.7	1.53E-04	4.18E-03
5#	南墙外 30cm 处	5.33E+07	5.14E-06	3.0	1.0	0.0013	100	9.89E-03	1000	3.39E-06	3.0	3.76E-04	1.03E-02
6#	西墙外 30cm 处	5.33E+07	5.14E-06	3.6	1.0	0.0013	100	6.87E-03	1000	3.39E-06	3.6	2.61E-04	7.13E-03
7#	观察窗外 30cm 处	5.33E+07	5.14E-06	3.6	1.0	0.0013	100	6.87E-03	1000	3.39E-06	3.6	2.61E-04	7.13E-03
8#	医生工作门 外 30cm 处	5.33E+07	5.14E-06	4.0	1.0	0.0013	100	5.56E-03	1000	3.39E-06	4.0	2.12E-04	5.78E-03
9#	患者进出门 外 30cm 处	5.33E+07	5.14E-06	4.1	1.0	0.0013	100	5.30E-03	1000	3.39E-06	4.1	2.02E-04	5.50E-03
10#	北墙外 30cm 处	5.33E+07	5.14E-06	3.5	1.0	0.0013	100	7.27E-03	1000	3.39E-06	3.5	2.77E-04	7.54E-03

11#	楼上 100cm 处	5.33E+07	6.92E-07	4.4	1.0	0.0013	100	6.19E-04	1000	4.58E-07	3.4	3.96E-05	6.59E-04
12#	楼下 170cm 处	5.33E+07	6.92E-07	3.9	1.0	0.0013	100	7.88E-04	1000	4.58E-07	2.9	5.45E-05	8.42E-04

根据表 11-3 和表 11-4, DSA2 室外周围附加剂量率最大值为 $1.03E-02\mu\text{Gy/h}$ (5# 南墙外 30cm 处), 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 DSA2 室周围 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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

(4) 叠加影响分析

本项目北侧为已建 DSA 机房, 需要考虑本项目 DSA 与另一台 DSA 同时工作时叠加影响, 本次评价选取 9# 患者进出门外 30cm 处作为评价点位, 根据已批复的《温州市中心医院百里坊院区 DSA 射线装置利用项目环境影响报告表》, 另一台 DSA 对周边的附加剂量率最高不超过 $0.156\mu\text{Sv/h}$, 与本项目周围附加剂量率最大值 $3.65E-05\mu\text{Sv/h}$ 叠加后, 9# 点位附加剂量率水平依然远低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$, 因此本项目 DSA 与另一台 DSA 同时工作时叠加后周边的影响依然很小。

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;

H_o —铅围裙外锁骨对应的衣领位置佩戴的个人剂量计测得的 $H_p(10)$ ，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 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) 对于眼晶状体剂量，根据《电离辐射所致眼晶状体剂量估算方法》(GBZ/T301-2017) 和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)，有辐射场空气比释动能率信息时，眼晶状体吸收剂量用下式进行估算：

$$D_L = C_{KL} \cdot k \cdot t \cdot 10^{-3} \quad \text{式 11-7}$$

式中：

D_L —眼晶状体吸收剂量，mGy；

k —X 辐射场的空气比释动能率 ($\mu\text{Gy/h}$)；

C_{KL} —空气比释动能到眼晶状体吸收剂量的转换系数，mGy/mGy，根据《电离辐射所致眼晶状体剂量估算方法》(GBZ/T301-2017) 表 A.4，保守取 0.07MeV~0.15MeV 中最大值 1.55；

t —人员累积受照时间，h；

10^{-3} —— μGy 转换为 mGy 转换系数。

5) 根据《辐射安全手册》，当量剂量可用下式计算：

$$H = w_R \cdot D \quad \text{式 11-8}$$

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;

H —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

根据医院提供资料, 本项目 DSA 每年的手术量为 900 台, 每台手术 DSA 最大曝光时间取 21min (透视模式 20min, 减影模式 1min)。本项目拟配备医护人员 15 人, 分成 3 组, 每组由 2 名技师, 2 名医生与 1 名护士组成, 每组工作人员预计每年受到曝光照射时间总计 105h (其中透视时间 100h, 减影时间 5h)。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操作室进行操作, 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。公众人员受照总时间为 315h (其中透视时间 300h, 减影时间 15h)。

(4) 估算结果

本项目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
1#	第一术者位 (铅衣外)	透视	176.80	100	1	17.68	工作人员	—
	第一术者位 (铅衣内)		18.45	100	1	1.84	工作人员	—
	第一术者位 (手部)		33.76	100	1	3.92	工作人员	—
	第一术者位 (眼部)		1.36	100	1	0.21	工作人员	—
2#	第二术者位 (铅衣外)		19.64	100	1	1.96	工作人员	—
	第二术者位 (铅衣内)		2.05	100	1	0.20	工作人员	—
3#	东墙外 30cm 处		4.14E-09	300	1/20	6.21E-11	公众	—
4#	南墙外 30cm 处		3.83E-07	300	1/20	5.75E-09	公众	—
5#	南墙外 30cm 处		9.41E-07	300	1/40	7.06E-09	公众	—
6#	西墙外 30cm 处		6.54E-07	100	1	6.54E-08	工作人员	—
7#	观察窗外 30cm 处		6.54E-07	100	1	6.54E-08	工作人员	—
8#	医生工作门外 30cm 处		5.29E-07	100	1	5.29E-08	工作人员	—
9#	患者进出门外 30cm 处	5.04E-07	300	1/5	3.02E-08	公众	—	
10#	北墙外 30cm 处	6.92E-07	300	1	2.07E-07	公众	—	
11#	楼上 100cm 处	2.73E-08	300	1/40	2.05E-10	公众	—	
12#	楼下 170cm 处	3.73E-08	300	1/2	5.59E-09	公众	—	
3#	东墙外 30cm 处	减影	2.09E-04	15	1/20	1.57E-07	公众	—
4#	南墙外 30cm 处		4.18E-03	15	1/20	3.14E-06	公众	—
5#	南墙外 30cm 处		1.03E-02	15	1/40	3.85E-06	公众	—

6#	西墙外 30cm 处	7.13E-03	5	1	3.57E-05	工作人员	—
7#	观察窗外 30cm 处	7.13E-03	5	1	3.57E-05	工作人员	—
8#	医生工作门外 30cm 处	5.78E-03	5	1	2.89E-05	工作人员	—
9#	患者进出门外 30cm 处	5.50E-03	15	1/5	1.65E-05	公众	—
10#	北墙外 30cm 处	7.54E-03	15	1	1.13E-04	公众	—
11#	楼上 100cm 处	6.59E-04	15	1/40	2.47E-07	公众	—
12#	楼下 170cm 处	8.42E-04	15	1/2	6.32E-06	公众	—

注：眼部和手部计算结果已乘以转换系数

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
		DSA 透视模式			DSA 摄影模式	
		铅衣外	铅衣内	外照射有效		
医生	第一术者	17.68	1.84	3.32	3.57E-05	3.32
	第一术者 (手部)	—	—	3.92	—	3.92
	第一术者 (眼部)	—	—	0.21	—	0.21
	第二术者	1.96	0.20	0.37	3.57E-05	0.37
技师、护士		—	—	6.54E-08	3.57E-05	3.57E-05

根据上表，本项目护士和技师年有效剂量为 3.57E-05mSv，根据医院提供的资料，医院辐射工作人员年受照剂量远远小于 5mSv，即使本项目护士和技师从事其它辐射工作，叠加后本项目护士和技师年有效剂量也远远小于 5mSv。考虑每组 2 名医生轮换第一和第二术者因素，医生年有效剂量为 (3.32+0.37) /2=1.85mSv，根据医院提供的资料，医院介入手术医生 2021 年最大年受照剂量为 1.422mSv，即使介入手术医生再从事其它介入手术工作，叠加后本项目医生年有效剂量也小于 5mSv。本项目工作人员可能受到北侧 DSA 机房影响的附加剂量，但由于距离和屏蔽影响，受到的年附加剂量可忽略不计。故本项目工作人员年有效剂量均满足本项目所设定的工作人员剂量管理约束值 5mSv 要求。

根据上表，本项目第一术者位医生手部年当量剂量为 3.92mSv，考虑 2 名医生轮换因素，医生实际手部年当量剂量远低于计算值，满足本项目所设定的手部的管理约束值 125mSv 要求，本项目第一术者位医生眼部年当量剂量为 0.21mSv，考虑 2 名医生轮换因素，医生实际眼部（眼晶状体）年当量剂量远低于计算值，满足本项目所设定的眼晶体的管理约束值 20mSv 要求。

2) 公众

根据表 11-6，本项目公众受到的年附加剂量计算结果见下表。

表 11-8 本项目公众受到的年附加剂量计算结果一览表

预测点		年附加剂量 (mSv)			备注
		DSA 透视模式	DSA 减影模式	总计	
3#	东墙外 30cm 处	6.21E-11	1.57E-07	1.57E-07	设备室
4#	南墙外 30cm 处	5.75E-09	3.14E-06	3.14E-06	麻醉药品
5#	南墙外 30cm 处	7.06E-09	3.85E-06	3.86E-06	楼梯间
9#	患者进出门外 30cm 处	3.02E-08	1.65E-05	1.65E-05	走廊
10#	北墙外 30cm 处	2.07E-07	1.13E-04	1.13E-04	DSA 机房
11#	楼上 100cm 处	2.05E-10	2.47E-07	2.47E-07	技术层
12#	楼下 170cm 处	5.59E-09	6.32E-06	6.32E-06	分娩室、走廊、库房和医生休息室

本项目公众可能受到北侧 DSA 机房影响的附加剂量，根据已批复的《温州市中心医院百里坊院区 DSA 射线装置利用项目环境影响报告表》，公众受到的北侧机房影响受照的年有效剂量最大为 $4.63 \times 10^{-5} \text{mSv}$ ，叠加后本项目公众受到的年附加剂量不大于 $1.60 \text{E-}04 \text{mSv/a}$ ，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人员受到的年附加有效剂量均低于该值，满足《电离辐射防护和辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及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 DSA2 室内空气在 X 射线作用下分解产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，DSA2 室安装通排风系统，采用机械通风，通风次数 18 次/h。

本项目采用下式分别计算臭氧产率和浓度。

$$Q_o = 6.5 \times 10^{-3} G \cdot S_o \cdot R \cdot g \quad \text{式 11-9}$$

式中： Q_o —臭氧产率 mg/h；

G —射束在距离源点 1m 处的剂量率 $Gy \cdot m^2/h$ (本项目选取 DSA 透射工作条件 (80kV, 10mA) 时参数, 根据《辐射防护导论》附图 3, 80kV, 0.5mmCu 滤过条件下距源点 1m 处的发射率常数为 $0.736mGy \cdot m^2 / (mA \cdot min)$), 则本项目 DSA 透射工作条件 (80kV, 10mA) 下射束在距离源点 1m 处的剂量率 $0.4416Gy \cdot m^2/h$;

S_0 —射束在距离源点 1m 处的照射面积 m^2 , 取 (最大射野 $10 \times 10cm^2$) $0.01m^2$;

R —射束径迹长度 m , 取 $1m$;

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

经计算, 臭氧产率为 $2.87 \times 10^{-4}mg/h$ 。室内臭氧饱和浓度由下式计算:

$$C = Q_o T_e / V \quad \text{式 11-10}$$

式中:

C —室内臭氧浓度, mg/m^3 ;

Q_o —臭氧产率 mg/h ;

T_e —臭氧有效清除时间, h ;

V —治疗室空间体积, DSA 机房为 $112.8m^3$ 。

$$T_e = \frac{t_v \times t_d}{t_v + t_d} \quad \text{式 11-11}$$

式中: T_e —有效清除时间, h ;

t_v —一次换气所需时间, h , 本项目取 $0.06h$;

t_d —臭氧有效分解时间, h , 本项目取 $0.83h$ 。

根据以上数据, 本项目 DSA2 室内臭氧平衡浓度为 $1.42 \times 10^{-7}mg/m^3$, 满足《工作场所所有害因素职业接触限值 第 1 部分: 化学有害因素》(GBZ2.1-2019)中的 $0.3mg/m^3$ 的标准限值。

机房内产生的臭氧通过排风系统高空排放, 经过大气的稀释和扩散作用其浓度进一步降低, 远低于大气环境质量标准中 O_3 浓度限值 (《环境空气质量标准》(GB3095-2012), $1h$ 平均浓度为 $0.2mg/m^3$), 对周围大气环境的影响十分轻微。

本项目产生的少量氮氧化物等有害气体经通风系统排入大气环境, 经自然分解和稀释, 可达标排放, 对周围环境影响较小。

11.2.3 固废影响分析

本项目介入治疗会使用一次性耗材及一次性清洁用品, 产生少量医疗废物, 收

集后由医院统一处理，不会对周边环境产生影响。

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

本项目为医院核技术应用项目，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) 制定经常性自检制度，对门灯联锁、工作状态指示灯、电离辐射警告标志灯等防护设施进行经常性检查，如发现这些安全防护设施不够完善或失灵，立即维护、修复；

(2) 制定完善的操作规范，对操作人员定期培训，使之熟练操作，严格按照操作规范操作，减少意外照射事故的发生；

(3) 医务人员必须严格按照 X 射线装置操作程序进行诊断，确定机房内工作人员及病人家属均离开机房后方可开机，以避免工作人员和公众接受不必要的辐射照射；

(4) 医护人员进行 DSA 手术前，一定要配置铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套等防护物品佩戴个人剂量计后方可进行手术作业；

(5) 项目应严格遵循所用辐射设备的安全使用年限，避免机械故障造成辐射事故，严禁超期使用；

(6) 严格按照辐射监测计划进行辐射水平监测，如验收监测及年度监测结果表明外墙、防护门缝隙、观察窗、孔洞等处辐射水平偏高时，应立即停机，查明原因并优化屏蔽设计和施工，未整改到位前，设备不得开机。

(7) 制定辐射事故应急预案，并每年定期进行一次演练；发现问题，及时整改。

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。

医院成立了辐射安全与环境保护管理机构，全面负责医院的辐射安全管理工作及相关工作，见附件 2。

该辐射安全与环境保护管理机构的基本组成涵盖射线装置的管理与使用等相关部门，明确了组成人员及相关职责，故建设单位辐射安全与环境保护管理机构的配备能够满足本项目辐射管理工作的要求。

12.1.2 辐射工作人员管理

(1) 职业健康检查

医院现有辐射工作人员均按要求每两年进行在岗期间职业健康体检，并建立了职业健康档案。根据医院提供的资料（附件 9），本项目辐射工作人员在岗期间职业健康体检结论均为可继续从事放射岗位工作。

(2) 辐射工作人员培训

医院严格执行辐射工作人员培训制度，本项目辐射工作人员均已参加放射防护知识培训并考核合格（附件 7）。医院应组织辐射工作人员按时接受再培训。

(3) 个人剂量检测

医院现有辐射工作人员均配备了个人剂量计，每三个月委托有资质单位进行个人剂量监测，并建立个人剂量档案，现有辐射工作人员个人剂量监测报告见附件 6。根据 2021 年第一季度~2022 年第一季度连续五个季度的个人剂量监测结果，现有辐射工作人员年累积受照剂量均不超过职业年照射剂量约束值 5mSv。

本项目拟配备 15 名辐射工作人员，均为现有辐射工作人员。医院应做到以下几个方面：

本项目辐射工作人员的职业健康档案记录、人员培训合格证书、个人剂量监测档案三个文件上的人员信息应统一；职业照射个人监测档案应终生保存。建设单位

应设专人进行环保档案的整理、存档，项目环保档案应包括：项目环境影响评价资料、相关环保会议纪要、辐射安全许可证申请资料、项目竣工环境保护验收资料、日常监测资料（或台账）、辐射工作人员培训资料、体检报告、个人剂量监测报告及相关调查资料。以上资料按年度进行整理、规范化保存，发现问题及时上报、解决，以满足生态环境主管部门档案检查的要求。

12.1.3 年度评估

温州市中心医院已按要求进行了辐射安全与防护状况评估（见附件9），每年定期上报至发证机关。

本项目建成运行后，医院应将本项目纳入年度评估报告，定期上报至发证机关。经与医院核实，医院历年未发生辐射事故。

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。

根据医院提供的辐射防护工作管理制度（附件2），医院已制定的辐射防护工作制度有：辐射事故应急预案、电离辐射危害告知、放射防护安全管理制度、放射工作人员管理制度、放射工作人员职业健康管理制度、放射事故预防措施、放射诊疗质量保证制度、受检者告知制度、放疗物理师岗位职责、放射性同位素使用登记制度、辐射安全与防护保卫制度、放射性同位素的退役回收和运输制度、辐射许可证的变更及注销制度、放射性同位素工作人员计量档案管理制度、辐射事故应急措施、加速器机房工作制度、后装机房工作制度、X线摄影室管理制度、CT室岗位制度、DSA室管理制度，放射源设备的检测维护制度、射线装置的检修维护制度、技术人员岗位职责、各仪器设备操作规程等。医院对于各项制度在日常工作中要加强检查督促，认真组织实施。上墙制度的内容应体现现场操作性和实用性，字体醒目。

本项目为使用II类射线装置。医院应根据本项目的情况，尽快在百里坊院区建立健全和落实相应的规章制度和操作规程，加强对辐射工作人员的安全防护培训和意识教育。

医院在按照环评要求对制度、人员、场所、设施等进行补充完善后，项目符合

辐射安全及环境保护要求。

12.3 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。

根据医院提供资料，本项目工作人员均已配备个人剂量计，从事本项目医生应根据本项目要求配备双剂量计，本项目使用医院已配备的 X- γ 辐射剂量率巡检仪进行日常监测。

12.3.2 监测计划

(1) 建设单位现有辐射监测开展情况

根据医院提供资料，医院辐射工作场所每年由具有资质的监测单位监测一次，监测结果存档，并上报环保部门和卫生部门。从事放射工作的人员在工作期间佩戴个人剂量计，每季度接受个人剂量监测，并将监测结果存档。

(2) 本项目辐射监测方案

1) 辐射工作场所及周围环境监测

①监测内容：周围剂量当量率等。

②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。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 12-1 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
DSA2 室	周围剂量当量率	距墙体、门、窗表面 30cm 处；顶棚上方（楼上）距地面 100cm 处；楼下距地面 170cm 处；门缝、电缆穿墙、线孔、配电柜等周围需要关注的区域	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

本项目工作人员均自医院内部人员调配，应纳入建设单位个人剂量管理，个人剂量监测周期应保证不得超过 90 天。

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，医院已经制定了《辐射事故应急预案》，并成立辐射事故应急处理领导小组负责组织、开展辐射事故的应急救援工作。

医院既有辐射事故应急预案包括了以下内容：应急机构和职责分工、应急和救助装备、物资准备、辐射事故分级、放射性事故应急救援应遵循的原则、辐射事故应急措施和处理程序、辐射事故的调查和报告、人员培训和演习计划。

建设单位的应急预案内容较完善，并且具有较好的针对性和可操作性，能够满足已开展核技术利用项目的事故应急需求。

项目单位应按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保护部令第 18 号）第六章第四十三条规定，结合本项目 DSA 实际情况，将本项目 DSA 事故应急纳入原有辐射事故应急预案。

12.5 年度评估报告

医院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，医院应将本项目 DSA 纳入年度评估报告，并定期上报至发证机关。

12.6 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

DSA2 室东墙围钢结构支架+2mmpb 硫酸钡板+3mmpb 铅板（5.0mmPb），其它三面墙体为 24cm 空心粘土砖+4cm 厚硫酸钡防护涂料（4.0mmPb），顶棚和地坪为 12cm 混凝土+3mmpb 硫酸钡板（4.8mmPb），防护门均内衬 4mm 铅板，观察窗为 20mm 铅玻璃（4.0mmPb），屏蔽厚度满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的要求。

DSA2 室设置的辐射安全防护措施和配置的防护用品满足《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

医院已成立辐射安全与环境保护管理机构，负责辐射安全与环境保护管理工作；医院应根据实际情况及本报告要求，制定和完善相关辐射安全管理制度，以适应当前环保的管理要求；医院已对辐射工作人员进行了职业健康监护和个人剂量监测，并建立了个人职业健康监护档案和个人剂量档案。医院现有辐射工作人员均已通过放射工作人员培训。

13.1.2 环境影响分析结论

(1) 根据公式预测分析，本项目 DSA2 室四周屏蔽墙体外、顶棚上、地坪下、防护门外及观察窗外辐射剂量率均能满足本次评价采用的 2.5 μ Sv/h 的目标控制值。

(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管理限值（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，眼晶体当量剂量不超过 20mSv，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《温州市城市总体规划（2003—2020 年）》（2017 年修订），温州市市域空间构建“一主两副三极多点”、强化各级中心城市集聚整合的网络型市域城镇体

系空间结构。“一主”是指以温瑞平原为市域主中心。“两副”是指以乐清和平苍（平阳-苍南）两个组团型城镇群为市域南北两个副中心。“三极”是指三个带动山区城镇化和旅游、文化产业发展的增长极，分别是永嘉、文成和泰顺的县城。“多点”是指多个支撑全市城镇化发展的其它小城市（镇），为周边村镇提供均等化的公共服务和就业。

本项目位于温州市鹿城区百里东路 252 号（百里坊院区），属于市域主中心。本项目为医疗服务项目，为城镇居民提供医疗卫生服务，可方便人民享受便利的基本公共服务，有利于促进社会服务、基础设施建设等城镇功能的建设完善，与规划是相符的。

（2）土地利用规划符合性

本项目选址在温州市鹿城区百里东路 252 号（百里坊院区）7 号楼五楼 DSA2 室，属于规划的允许建设区范围内，用地性质为医院用地（A51）。

（3）《浙江省温州市“三线一单”生态环境分区管控方案》符合性

根据《浙江省温州市“三线一单”生态环境分区管控方案》，本项目位于“浙江省温州市鹿城区生活重点管控区（ZH33030220004）”，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。禁止在工业功能区（小微园区、工业集聚点）外新建二类工业项目。城市蓝线范围内严格执行《温州市城市蓝线管理办法》，禁止违反城市蓝线保护和控制要求的建设活动；禁止擅自填埋、占用城市蓝线内水域；禁止影响水系安全的爆破、采石、取土；禁止擅自建设各类排污设施；禁止）其他对城市水系保护构成破坏的活动。污水收集管网范围内，禁止新建除城镇污水处理设施外的入河（或湖或海）排污口，现有的入河（或湖或海）排污口应限期纳管。颁布一年内本管控单元按照一般管控单元准入执行。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《浙江省温州市“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 7 号楼五楼 DSA2 室，用房性质为医疗用房，辐射工作场所周围 50m 范围内大部为医院内部建筑和道路，部分涉及东侧、北侧居民区。项目运营过程中产生的电离辐射、臭氧、氮氧化物，在采取防护、治理措施后，根据表 11 分析结果，对周围环境特别是楼下分娩室的影响是可以接受的，故本项目的选址是可行的。

（7）“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

本项目选址在温州市鹿城区百里东路 252 号（百里坊院区）7 号楼五楼 DSA2 室，属于“浙江省温州市鹿城区生活重点管控区（ZH33030220004）”，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，项目电能主要依托城市电力管网，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，温州市中心医院 DSA 项目符合总体规划和土地利用规划，符合“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) 医院承诺按照相关法律法规要求严格履行环评制度、辐射安全许可制度，

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）医院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）加强放射工作人员的管理，树立辐射安全意识。

