核技术利用建设项目

德清县中医院

新增 DSA 射线装置应用项目

环境影响报告表

（报批稿）

德清县中医院

2022 年 09 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

德清县中医院

新增 DSA 射线装置应用项目

环境影响报告表

建设单位名称：德清县中医院

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：德清县武康镇群益街 383 号

邮政编码：313200　　联系人：潘**

电子邮箱：******　　联系电话：******

目　录

表 1 项目基本概况.....1
表 2 放射源.....10
表 3 非密封放射性物质.....10
表 4 射线装置.....11
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....12
表 6 评价依据.....13
表 7 保护目标与评价标准.....15
表 8 环境质量和辐射现状.....19
表 9 项目工程分析与源项.....23
表 10 辐射安全与防护.....29
表 11 环境影响分析.....36
表 12 辐射安全管理.....52
表 13 结论与建议.....58
表 14 审批.....62

表 1 项目基本概况

<table>
<tr><td colspan="2">建设项目名称</td><td colspan="5">德清县中医院新增 DSA 射线装置应用项目</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设单位</td><td colspan="5">德清县中医院</td></tr>
<tr><td colspan="2">法人代表</td><td>陆**</td><td>联系人</td><td>潘**</td><td>联系电话</td><td>***</td></tr>
<tr><td colspan="2">注册地址</td><td colspan="5">德清县武康镇群益街 383 号</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目建设地点</td><td colspan="5">德清县武康镇群益街 383 号</td></tr>
<tr><td colspan="2">立项审批部门</td><td colspan="2">/</td><td>批准文号</td><td colspan="2">/</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设项目总投资（万元）</td><td>573</td><td>项目环保投资（万元）</td><td>43</td><td>投资比例（环保投资/总投资）</td><td>7.5%</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目性质</td><td colspan="3">☐新建 ☐改建 ☑ 扩建 ☐其他</td><td>占地面积（m^2）</td><td>/</td></tr>
<tr><td rowspan="9">应用类型</td><td rowspan="2">放射源</td><td>☐销售</td><td colspan="4">☐Ⅰ类 ☐Ⅱ类 ☐Ⅲ类 ☐Ⅳ类 ☐Ⅴ类</td></tr>
<tr><td>☐使用</td><td colspan="4">☐Ⅰ类(医疗使用) ☐Ⅱ类 ☐Ⅲ类 ☐Ⅳ类 ☐Ⅴ类</td></tr>
<tr><td rowspan="3">非密封放射性物质</td><td>☐生产</td><td colspan="4">☐制备 PET 用放射性药物</td></tr>
<tr><td>☐销售</td><td colspan="4">/</td></tr>
<tr><td>☐使用</td><td colspan="4">☐乙 ☐丙</td></tr>
<tr><td rowspan="3">射线装置</td><td>☐生产</td><td colspan="4">☐Ⅱ类 ☐Ⅲ类</td></tr>
<tr><td>☐销售</td><td colspan="4">☐Ⅱ类 ☐Ⅲ类</td></tr>
<tr><td>☑ 使用</td><td colspan="4">☑Ⅱ类 ☐Ⅲ类</td></tr>
<tr><td>其他</td><td colspan="5">/</td></tr>
</table>

1.1 项目概述

1.1.1 建设单位简介

德清县中医院（以下简称：“医院”）始建于 1980 年，是一家集中医药医疗、康复、教学、科研为一体的全民所有制二级乙等中医院。医院现位于德清县武康镇群益街 383 号，设有内科、外科、骨伤科、妇产科、口腔科、五官科、皮肤科、针灸推拿科等科室，核定床位 70 张。

医院已取得辐射安全许可证，证书编号“浙环辐证[E2014]”；许可种类和范围为使用III类射线装置，有效期至 2026 年 7 月 19 日。

1.1.2 项目建设目的和任务由来

医院目前配置有 9 台III类 X 射线机。为进一步提高医院医疗服务水平，更好地满足人民

群众的医疗服务需求，医院拟于综合楼 5 号楼 1 层利用原输液大厅、杂物间和储藏室等建设 1 间 DSA 机房及其配套用房，并配套新增 1 台数字减影血管造影系统（DSA 射线装置）。综合楼 5 号楼主体工程环评《德清县中医院建设工程项目环境影响评价表》已于 1998 年 9 月 21 日获得德清县环境保护同意，见附件 4。2022 年 8 月，德清县中医院向湖州市生态环境局提交了《德清县中医院 DSA 射线装置应用项目环境影响报告表》的申请，并于 2022 年 8 月 31 日取得审批意见（湖环辐管【2022】14 号），许可的 DSA 最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA。现在，医院计划购置 1 台 Trinias 型 DSA，其最大管电压 150kV，最大管电流 1000mA，根据相关法律法规的要求，该项目需重新进行环境影响评价。

对照《射线装置分类》（环境保护部 国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号），该设备属于血管造影用 X 射线装置的分类范围，为 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）》，本项目属于“五十五、核与辐射”中“172、核技术利用建设项目——使用II类射线装置”，环境影响评价文件形式应为环境影响报告表。

因此，德清县中医院委托杭州卫康环保科技有限公司开展“德清县中医院新增 DSA 射线装置应用项目”（简称“本项目”）的环境影响评价工作（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）中环境影响报告表的内容和格式，编制了本项目的环境影响报告表。

1.1.3 项目建设内容和规模

1.1.3.1 改建前后平面布局图

本项目拟将综合楼 5 号楼 1 层（地上 5 层，无地下建筑）原输液大厅、杂物间和储藏室等改建成 1 间 DSA 机房及配套用房，改建前平面布局图见图 1-1，改建后平面布局图见图 1-2。

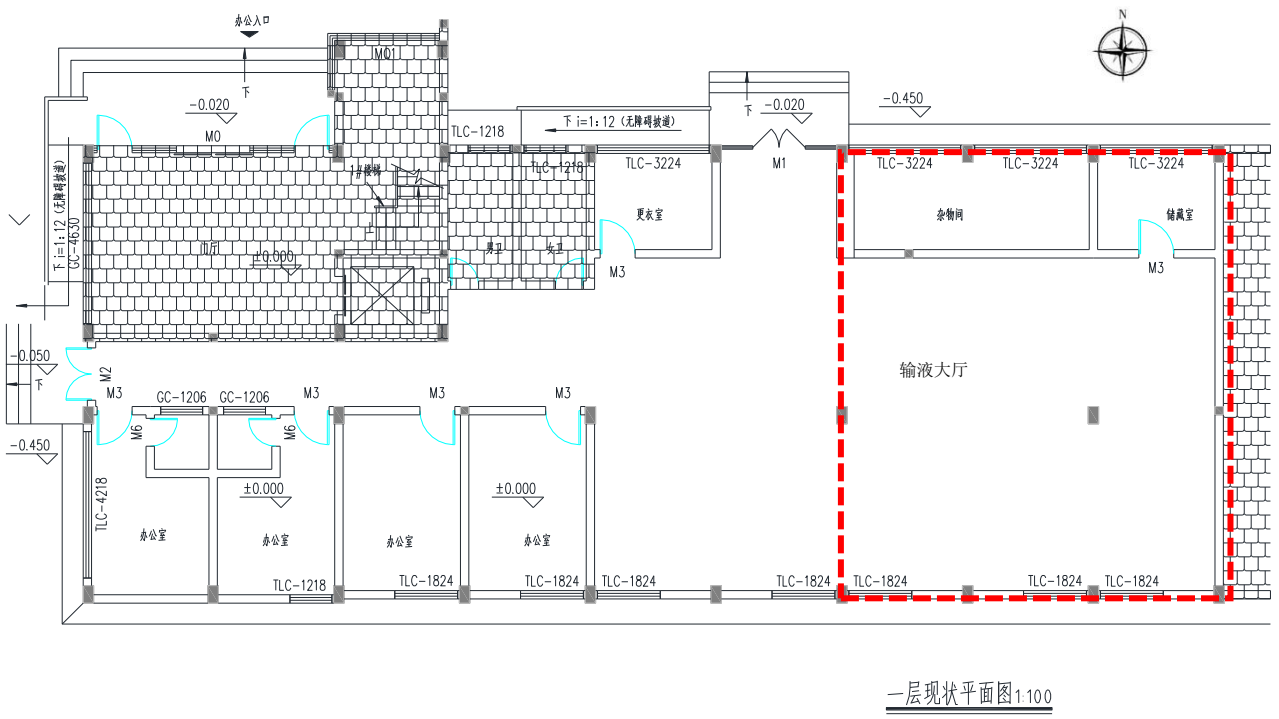


图 1-1　本项目 DSA 机房改建前平面布局图（虚线框内为 DSA 机房改建前布局）

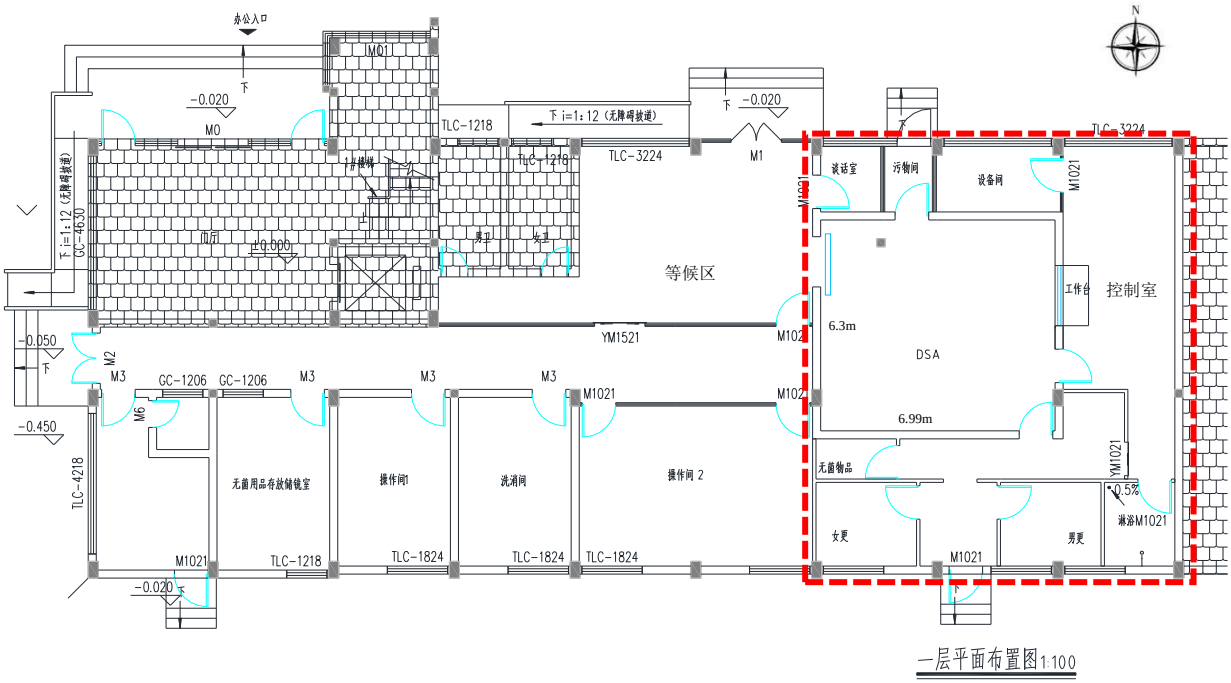


图 1-2　本项目 DSA 机房改建后平面布局图（虚线框内为 DSA 机房改建后布局）

1.1.3.2 本项目建设内容和规模

本项目拟拆除原有的杂物间和储藏室墙体，重新砌筑墙体进行分隔，并新安装防护门和观察窗，将 DSA 机房西侧设为等候区。

表 1-1　本项目 DSA 机房屏蔽情况

屏蔽体	屏蔽情况
东墙	24cm 实心砖+3.0cm 硫酸钡防护涂料
南墙	24cm 实心砖+3.0cm 硫酸钡防护涂料
西墙	24cm 实心砖+3.0cm 硫酸钡防护涂料
北墙	24cm 实心砖+3.0cm 硫酸钡防护涂料
病人通道防护门	电动不锈钢防护门，内衬 3.0mm 厚铅板
工作人员防护门	手动平开门，内衬 3.0mm 厚铅板
污物通道防护门	手动平开门，内衬 3.0mm 厚铅板
观察窗	4.0mmPb 铅玻璃
顶棚	15cm 混凝土+3mm 铅板

注：铅密度不低于 11.35g/cm³；实心砖密度不低于 1.65g/cm³；混凝土密度不低于 2.35g/cm³；硫酸钡防护涂料密度不低于 3.2g/cm³。

DSA 机房内新增 1 台 DSA 射线装置，其最大管电压为 150kV，最大管电流为 1000mA，为单球管设备，主束由下朝上，属于II类射线装置，其基本情况见表 1-2。

表 1-2　本项目射线装置基本情况

设备名称	型号	类别	数量	设备参数	工作场所位置	用途
DSA	Trinias	II类	1 台	150kV、1000mA	综合楼 5 号楼 1 层	放射诊断与介入治疗

1.2 项目选址及周边保护目标

1.2.1 项目地理位置

德清县中医院位于德清县武康镇群益街 383 号，地理位置见附图 1。医院东侧为益民弄和居民区，南侧为众安巷和居民区，西侧为居民区和中兴南路，北侧为居民区和群益街。医院周围环境情况见附图 2。

1.2.2 项目周边环境概况

本项目 DSA 机房拟建于医院综合楼 5 号楼 1 层，综合楼 5 号楼东侧隔院外道路为都市花园小区，距离 DSA 机房约 38m；南侧隔院内道路为 3 号楼，隔院外道路为翠苑小区，分别距离 DSA 机房约 14m、35m；西侧隔院内道路为 2 号楼，距离 DSA 机房约 34m；北侧隔院内道路为 6 号楼，距离 DSA 机房约 14.5m。

DSA 机房东侧为控制室，南侧为无菌物品室和医生通道，西侧为过道和等候区，北侧为谈话室、污物间、设备间，机房正上方为药库，无地下建筑。DSA 机房平面布置图见附图 3。

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）的相关规定，确定以 DSA 机房实体边界外 50m 评价范围作为评价范围。根据现场调查分析可知，本次评价项目机房实体边界外 50m 范围内主要为医院内部建筑物、道路和居民区等，不涉及生态保护红线、优先保护单元。因此，本项目保护目标主要为辐射工作人员、机房周围的非辐射工作人员与公众成员。

1.2.3 选址合理性分析

本项目位于德清县武康镇群益街 383 号院内综合楼 5 号楼 1 层，不新增土地，项目用地性质属于医疗卫生用地，周围无环境制约因素。辐射工作场所边界外 50m 评价范围内主要为医院内部建筑物、道路和居民区等，不涉及生态保护红线、优先保护单元；环境影响预测分析表明，在严格执行本评价中提出的辐射管理和辐射防护措施前提下，本项目的开展对周围环境与公众造成的辐射影响在可接受范围内，故本项目的选址是合理的。

1.2.4 本项目人员配置及工作制度

（1）本项目拟配备手术医生 2 名、护士 2 名，控制室配备 2 名技师，共 6 名辐射工作人员。辐射工作人员为新增人员，不存在兼职其他辐射工作场所岗位情况。6 名辐射工作人员分成 2 组，每组配置 1 名手术医生、1 名护士和 1 名技师。

（2）工作制度：每天工作 8 小时，每年工作 250 天。

（3）工作负荷：本项目 DSA 包括透视和减影两种模式，根据建设单位提供的信息并留有发展余量，本项目正常运行后，保守预计每年最大工作量为 300 台手术，每台手术由 1 组辐射工作人员完成，每组人员手术台数不大于 150 台。每次手术 DSA 的最大出束时间包括透视 20 分钟、减影 2 分钟。DSA 最大运行工况和工作负荷见表 1-3。

表 1-3 本项目拟建 DSA 最大运行工况和工作负荷

射线装置	全年开展手术量（台）	最大运行工况		平均每台手术最长出束时间（min）	设备年总出束时间（h）	单个医生年最大受照时间（h）	单个护士年最大受照时间（h）	单个技师年最大受照时间（h）
DSA	300	减影	100kV、500mA	2	10	5	5	5
		透视	80kV、10mA	20	100	50	50	50

1.3 “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），“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。

本项目“三线一单”符合性判定情况见表 1-4。

表 1-4 “三线一单”符合性分析

生态保护红线	本项目位于湖州市德清县中心城区城镇生活重点管控单元（ZH33052120001），不在当地饮用水源、风景区、自然保护区等生态保护区内，不涉及生态保护红线。
资源利用上线	本项目营运过程中会消耗一定量的电源、水资源等，主要来自工作人员的日常生活用水和设施用电，但项目资源消耗量相对区域资源利用总量较少，符合资源利用上线要求。
环境质量底线	根据环境质量现状监测结果，本项目工作场所周围环境 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。
环境准入负面清单	根据《德清县“三线一单”生态环境分区管控方案》，本项目位于湖州市德清县中心城区城镇生活重点管控单元（ZH33052120001），该管控单元生态环境准入清单如下： ①空间布局约束 禁止新建、扩建、改建三类工业项目，现有的要限期关闭。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。除阜溪街道工业功能区（小微园区、工业集聚点）外，禁止新建其他二类工业项目。现有二类工业项目改建、扩建，不得增加污染物排放总量。严格城市规划蓝线管理，城市规划范围内应按规定留出水域保护面积，新建项目一律不得违规占用水域。推进土壤污染重点行业企业向工业园区集聚发展。 ②污染物排放管控 加快污水处理厂建设及提升改造，加强区加快城镇生产小区“污水零直排区”建设，城镇生活小区、城中村、建制镇建成区的住宅区块深入开展城镇雨污分流改造。加强餐饮油烟和机动车尾气污染治理。开展城市河道的污染整治和生态修复，完善城镇绿地系统。 ③环境风险防控 合理布局工业、商业、居住、科教等功能区块，严格控制噪声、恶臭、油烟等污染物排放较大的建设项目布局。 ④资源开发效率 推进城镇节水、节能，提高资源能源使用效率。 本项目为医疗服务设施建设项目，为卫生和社会工作行业，不属于工业项目，不涉及空间布局约束条件中禁止的项目，且不属于高能耗、高污染、高排放产业和低端制造业发展，符合生态环境准入清单相关要求。

综上所述，本项目能够符合“三线一单”的管控要求。

1.4 产业政策符合性、实践正当性分析

1.4.1 产业政策符合性分析

根据国家发展和改革委员会第 29 号令《产业结构调整指导目录（2019 年本）》和国家发展和改革委员会第 49 号令《关于修改<产业结构调整指导目录（2019 年本）>的决定》，本项目属于第十三项“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。

1.4.2 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，将按照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。

1.5 医院原核技术利用许可情况

1.5.1 现有核技术利用许可情况

德清县中医院已取得辐射安全许可证，证书编号“浙环辐证[E2014]”；许可种类和范围为使用III类射线装置，有效期至 2026 年 7 月 19 日。现有射线装置情况见表 1-4。辐射安全许可证见附件 3。环保相关手续见附件 5。

表 1-4　现有射线装置一览表

序号	装置名称	型号	使用场所	类别	环保手续
1	口腔全景机	OC200D	放射科	III类	德环辐管【2013】5 号
2	乳腺 X 射线机	SOPHIE CLASSIC	放射科	III类	
3	DR	AXIOM Aristos VX Plus	放射科	III类	
4	CT 机	Optima CT 540	放射科	III类	201733052100000253
5	C 臂机	BV Libra	放射科	III类	
6	碎石机 X 射线定位系统	ZH-VC	放射科	III类	201833052100000178
7	X 射线骨密度检测仪	Prodigy primo	放射科	III类	202033052100000147

8	移动式数字化医用 X 射线摄影系统（移动 DR）	uDR 370i	放射科	III类	
9	CT	Optima CT 620	放射科	III类	202133052100000056

医院上述射线装置运行使用多年，无辐射安全事故，无环保投诉情况，且与辐射安全许可证一致，并且每年有辐射场所监督性监测和年度评估报告。

1.5.2 原有核技术利用项目管理情况

（1）医院已成立了放射安全管理委员会，制定了一系列的辐射工作管理制度：《辐射防护和安全管理制度》、《辐射防护和安全保卫制度》、《放射科影像质量控制方案》、《电离辐射危害告知》、《放射影像设备维护保养制度》、《设备检修维护和使用登记制度》、《岗位职责》、《放射事件应急预案》、《放射科诊疗安全防护管理制度》、《放射辐射安全管理制度》、《放射工作场所防护监测制度》、《放射工作人员职业健康管理制度》、《放射工作人员放射防护培训制度》等。医院现有管理制度内容较为全面，符合相关要求，现有规章制度基本满足医院从事相关辐射活动辐射安全和防护管理的要求。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。

（2）医院现有 22 名辐射工作人员，均配备了个人剂量计。根据医院提供的最近 1 年职业外照射个人剂量监测报告，全院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。医院已组织现有辐射工作人员进行了职业健康体检，根据检测报告结果，可继续从事放射工作。医院现有辐射工作人员全部参加了放射防护培训并考核合格。

表 1-5　现有辐射工作人员情况一览表

序号	姓名	最近一次培训时间	培训结果	最近一次体检时间	体检结果	2021 年度个人剂量监测结果（mSv）
1	陈洁	2022-03-10	合格	2020-08-18 ~ 2020-09-22	未见职业健康损害，可继续原放射工作	0.10
2	陈慧	2022-03-07	合格			0.12
3	张天佑	2022-03-07	合格			0.10
4	寿熠峰	2022-03-07	合格			0.19
5	屠震宇	2022-03-21	合格			0.10
6	马敬芬	2022-03-07	合格			0.14
7	鲁美丽	2022-03-08	合格			0.08
8	王宇	2022-03-07	合格			0.39
9	陈文	2022-03-07	合格			0.13
10	卢小佳	2022-03-07	合格			0.16
11	赵涌	2022-03-07	合格			0.20
12	刘余洁	2022-03-07	合格			0.08
13	沈于兰	2022-03-07	合格			0.11

14	马锋	2022-03-08	合格			0.08
15	蔡轶良	2022-03-09	合格			0.11
16	施金江	2022-03-18	合格			0.08
17	华陆群	2022-03-07	合格			0.22
18	蒋利梅	2022-03-07	合格			0.14
19	杨玲丽	2022-03-07	合格			0.17
20	章小英	2022-03-07	合格			0.15
21	马民荣	2022-03-09	合格			0.27
22	蔡娟芳	2022-03-07	合格	2022-09-22	可以从事放射工作	0.31

（3）医院现有辐射工作场所设置有电离辐射警示牌、报警装置和工作状态指示灯等。根据不同项目实际情况划分辐射防护控制区和监督区，采取分区管理，进行积极、有效的管控。

（4）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，历年均未发生辐射事故。

（5）根据医院提供的资料，医院已按要求编写了辐射安全与防护状况评估报告，每年定期上报至发证机关。

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 台	Trinias	150	1000	放射诊断和介入治疗	综合楼 5 号楼 1 层 DSA 机房	新增，本次环评

（三）中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压（kV）	最大靶电流（μA）	中子强度（n/s）	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度（Bq）	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	排放口浓度	月排放量	年排放总量	暂存情况	最终去向
臭氧和氮氧化物	气态	/	/	微量	微量	不暂存	DSA 机房顶部拟安装 1 个吸顶式排风扇，设计排风量大于 1500m^3/h，废气通过排风管道引至综合楼 5 号楼一层南墙高空排出。臭氧在常温下 20-50 分钟后可自行分解为氧气，对环境影响较小。

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/m^3；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/m^3）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

法规文件	（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 日起施行； （2）《中华人民共和国环境影响评价法》，中华人民共和国主席令第二十四号，2018 年 12 月 29 日起施行； （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 日起施行； （4）《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日起施行； （5）《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令第 709 号，2019 年 3 月 2 日起施行； （6）《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，生态环境部令第 20 号，2021 年 1 月 4 日起施行； （7）《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行； （8）《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，2017 年 12 月 5 日起施行； （9）《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》，环发〔2006〕145 号，原国家环境保护总局，2006 年 9 月 26 日起施行； （10）《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行； （11）《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部令第 9 号，2019 年 11 月 1 日施行； （12）《国家发展改革委关于修改<产业结构调整指导目录（2019 年本）>的决定》，中华人民共和国国家发展和改革委员会令，2021 年 12 月 30 日起施行； （13）《关于发布<建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法>配套文件的公告》，生态环境部公告 2019 年第 38 号，2019 年 10 月 24 日； （14）《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，生态环境部公告 2019 年第 39 号，2019 年 10 月 25 日；

	（15）《浙江省建设项目环境保护管理办法》，2021 年省政府令第 388 号修订，2021 年 2 月 10 日修订； （16）《浙江省辐射环境管理办法》，2021 年省政府令第 388 号修订，2021 年 2 月 10 日修订； （17）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，原浙江省环境保护厅，2015 年 10 月 23 日起施行； （18）关于发布《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）》的通知，浙环发〔2019〕22 号，浙江省生态环境厅，2019 年 12 月 20 日起施行； （19）《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》，浙环函〔2019〕248 号，浙江省生态环境厅、浙江省卫生健康委员会，2019 年 7 月 18 日； （20）《关于印发浙江省辐射事故应急预案的通知》，浙政办发〔2018〕92 号，浙江省人民政府办公厅，2018 年 9 月 28 日印发； （21）关于印发《德清县“三线一单”生态环境分区管控方案》的通知，湖州市生态环境局德清分局，2020 年 10 月 9 日发布。
技术标准	（1）《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016)； （2）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； （3）《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）； （4）《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）； （5）《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）； （6）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）； （7）《电离辐射所致眼晶状体剂量估算方法》（GBZ/T301-2017）； （8）《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ/T244-2017）。
其他	（1）环评委托书； （2）院方提供的工程设计图纸及相关技术参数资料。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

本项目是在固定有实体边界的机房内使用II类射线装置，根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的规定：“放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围）”，结合本项目的辐射污染特点，确定本项目的评价范围为 DSA 机房边界外 50m 区域，评价范围示意图见附图 2。

7.2 保护目标

结合医院总平面图及现场勘查情况，本项目 50m 评价范围内主要为医院内部建筑物、道路、居民区等，本项目评价范围内主要环境保护目标为评价范围内从事本项目的辐射工作人员、周围其他非辐射工作人员与公众人员。

表 7-1 项目环评范围内环境保护目标一览表

保护人员性质	所在位置	方位	与机房边界的最近距离（m）	规模（人）	年剂量约束值（mSv）
职业人员	DSA 机房内	/	/	4	5
	控制室	东侧	紧邻	6	
	无菌物品室和医生通道	南侧	紧邻	6	
公众人员	都市花园	东侧	38m	约 500 人次/天	0.25
	3 号楼	南侧	14m	约 20 人次/天	
	翠苑小区	南侧	35m	约 500 人次/天	
	过道和等候区	西侧	紧邻	约 30 人次/天	
	2 号楼	西侧	34m	约 200 人次/天	
	谈话室	北侧	紧邻	约 5 人次/天	
	污物间	北侧	紧邻	约 1 人次/天	
	设备间	北侧	紧邻	约 1 人次/天	
	6 号楼	北侧	14.5m	约 200 人次/天	
	药库	楼上	紧邻	约 15 人次/天	
	5 号楼其他工作人员与公众	四周	0-22m	约 100 人次/天	
注：DSA 配套设施仅为开展介入手术服务，且其出入门单向通至 DSA 机房，在手术期间其他无关人员是不能进入的，介入工作人员术前或术后在上述区域活动，故本项目医生通道、污物通道、设备间等不列入环境保护目标。					

7.3 评价标准

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

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐照的防护和实践中源的安全。

4.3.2.1 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 B）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。

附录 B

B1.1 职业照射

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；

b）任何一年中的有效剂量，50mSv；

c）眼晶体的年当量剂量，150mSv；

d）四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv。

本环评中 DSA 辐射工作人员取年有效剂量限值的 1/4 作为辐射工作人员年剂量约束值，即职业人员年有效剂量不超过 5mSv，其中四肢（手和足）或皮肤的当量剂量不超过 125mSv，眼晶体年当量剂量不超过 37.5mSv。

B1.2 公众照射

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，即不超过 0.25mSv 作为公众的年照射剂量约束值。

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。

7.3.2 《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）

本标准适用于 X 射线影像诊断和介入放射学。放射治疗和核医学中的 X 射线成像设备参照本标准执行。

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 除床旁减影设备、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表 2 的规定。

表 2　X 射线设备机房（照射室）使用面积及单边长度

机房类型	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 臂机、乳腺 CBCT）	20	3.5

备注：本项目 DSA 属于单管头 X 射线机。

6.2.1 不同类型 X 射线设备（不含床旁减影设备和便携式 X 射线设备）机房的屏蔽防护应不低于表 3 的规定。

表 3　不同类型 X 射线设备机房的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
标称 125kV 以上的摄影机房	3.0	2.0
C 型臂 X 射线设备机房	2.0	2.0

备注：本项目 DSA 属于 C 型臂 X 射线设备机房。

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 2.5μSv/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“射线有盖、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，现场应配备不少于表 4 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。

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 4　个人防护用品和辅助防护设施配置要求

放射检查类型	工作人员		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/铅防护吊帘、床侧防护帘/床侧防护屏 选配：移动铅防护屏风	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套 选配：铅橡胶帽子	—

7.8 介入放射学和近台同室操作（非普通荧光屏透视）用 X 射线设备操作的防护安全要求

7.8.1 介入放射学、近台同室操作（非普通荧光屏透视）用 X 射线设备应满足其相应设备的防护安全操作要求。

7.8.2 介入放射学用 X 射线设备应具有记录受检者剂量的装置，并尽可能将每次诊疗后受检者受照剂量记录在病历中，需要时，应能追溯到受检者的受照剂量。

7.8.3 除存在临床不可接受的情况下，图像采集时工作人员应尽量不在机房内停留；对受检者实施照射时，禁止与诊疗无关的其他人员在机房内停留。

7.8.4 穿着防护服进行介入放射学操作的工作人员，其个人剂量计佩戴要求应符合 GBZ128 的规定。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理位置和场所位置

本项目 DSA 机房拟建于医院综合楼 5 号楼 1 层，综合楼 5 号楼东侧隔院外道路为都市花园小区，距离 DSA 机房约 38m；南侧隔院内道路为 3 号楼，隔院外道路为翠苑小区，分别距离 DSA 机房约 14m、35m；西侧隔院内道路为 2 号楼，距离 DSA 机房约 34m；北侧隔院内道路为 6 号楼，距离 DSA 机房约 14.5m。

DSA 机房东侧为控制室，南侧为无菌物品室、更衣室和医生通道，西侧为过道和等候区，北侧为谈话室、污物间、设备间，机房正上方为药库，无地下建筑。DSA 机房平面布置图见附图 3。

8.2 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

8.2.1 辐射现状评价对象

DSA 机房及周围环境辐射水平。

8.2.2 监测因子

γ 辐射空气吸收剂量率。

8.2.3 监测点位

根据项目的平面布置、项目情况和周围环境情况布设监测点，布点情况见图 8-1，检测报告及检测资质证书见附件 10。

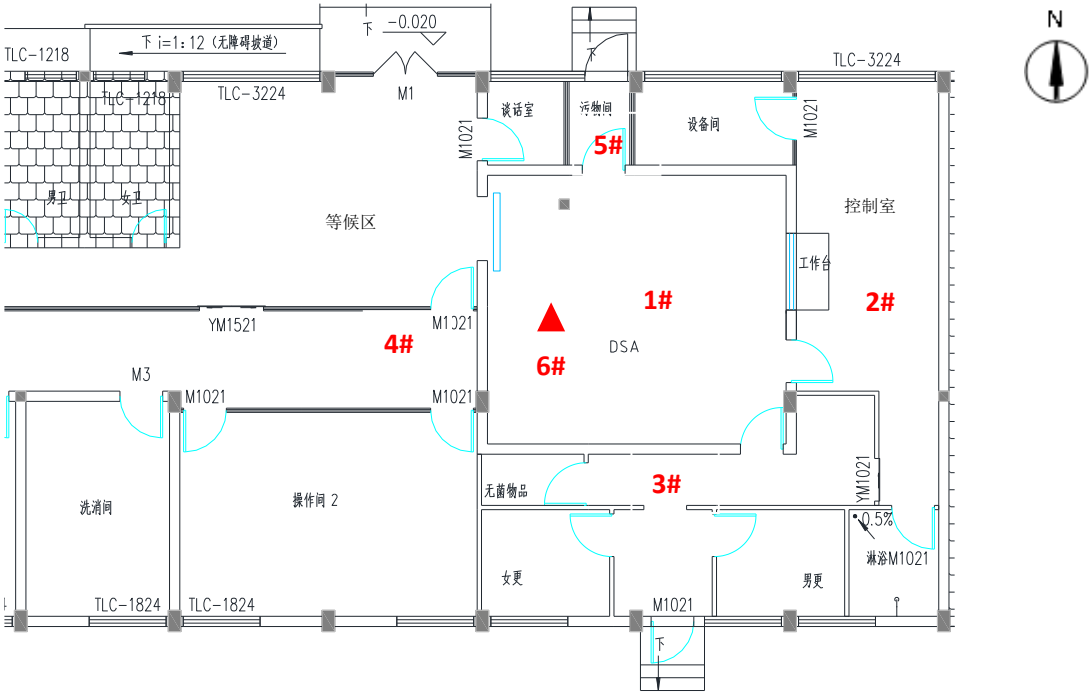


图 8-1　辐射工作场所辐射本底检测点位示意图

8.3 监测方案、质量保证措施及监测结果

8.3.1 监测方案

（1）检测单位：湖州环安检测有限公司

（2）检测时间：2022 年 04 月 29 日

（3）检测方式：现场检测

（4）检测依据：《环境 γ 辐射剂量率测定技术规范》（HJ1157-2021）等

（5）检测频次：根据 HJ1157-2021 标准予以确定

（6）检测工况：辐射环境本底

（7）天气环境条件：天气：晴；温度：15℃；相对湿度：59%

（8）检测仪器

表 8-1　监测仪器的参数与规范

检测仪器	环境监测 X、γ 辐射空气吸收剂量率仪
仪器型号	RM-2030
仪器编号	2019016

生产厂家	上海超奇电子有限公司
量程	0.01μGy/h～200μGy/h、0.1μGy～500.0mGy
能量范围	35keV～3MeV
检定证书编号	2021H21-10-3678113001
检定证书有效期	2021 年 12 月 2 日至 2022 年 12 月 1 日
检定单位	上海市计量测试技术研究院华东国家计测试中心

8.3.2 质量保证措施

（1）合理布设检测点位，保证各检测点位布设的科学性和可比性，同时满足标准要求。

（2）检测方法采用国家有关部门颁布的标准，检测人员经考核并持合格证上岗。

（3）检测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用。

（4）每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。

（5）由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。

（6）检测报告严格实行三级审核制度，经过校准、审核，最后由技术负责人审定。

8.3.3 监测结果

DSA 机房及周围环境辐射本底水平检测结果见表 8-2。

表 8-2　DSA 机房周围环境 γ 辐射剂量率背景监测结果

点位编号	点位描述	监测结果(μGy/h)	
		平均值	标准差
1#	DSA 机房内	0.10	0.01
2#	DSA 机房东侧墙体外	0.11	0.01
3#	DSA 机房南侧墙体外	0.10	0.01
4#	DSA 机房西侧墙体外	0.10	0.01
5#	DSA 机房北侧墙体外	0.11	0.01
6#	DSA 机房正上方	0.10	0.01
7#	都市花园小区	0.09	0.01
8#	3 号楼	0.10	0.01
9#	翠苑小区	0.10	0.01
10#	2 号楼	0.09	0.01
11#	6 号楼	0.08	0.01
注：以上监测结果已扣除宇宙射线的响应。			

8.4 环境现状调查结果的评价

由上述监测结果可知，本项目 DSA 机房工作场所室内 γ 辐射剂量率范围为（0.10～0.11）μGy/h，室外 γ 辐射剂量率范围为（0.08～0.10）μGy/h，根据《浙江省环境天然贯穿辐射水平调查研究》可知，湖州市室内 γ 辐射剂量率范围为（0.04～0.17）μGy/h，道路上 γ 辐射剂量率范围为（0.01～0.14）μGy/h，可见项目所在地的天然贯穿辐射水平处于当地本底水平范围之内，未见异常。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 施工期工程分析

医院综合楼 5 号楼土建等主体工程的施工期环境影响已在《德清县中医院建设工程项目环境影响评价表》中进行了分析与评价，因此本项目施工期主要是对已有房间进行墙体砌筑和装饰施工、设备安装，最后进行竣工验收，施工期工艺流程及产污环节如下：

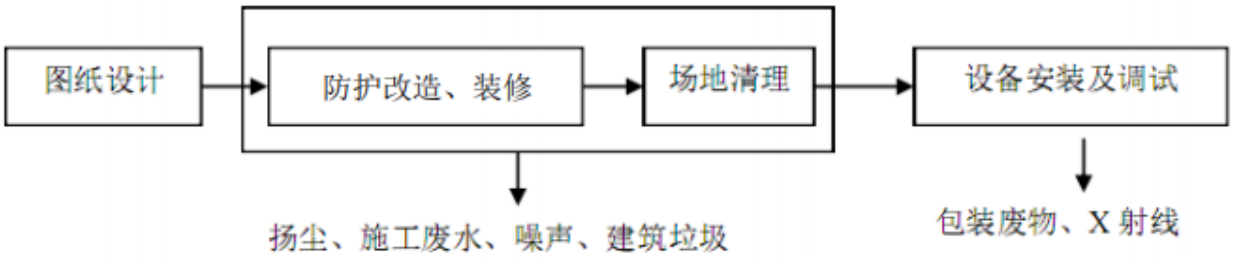


图 9-1　施工期工艺流程及产污环节图

本项目施工期污染物主要包括：

（1）扬尘

由于本项目施工期工程量较小，均为防护改造和装修装饰，故产生扬尘量较小。建设单位应加强施工场地管理，施工采取湿法作业，尽量降低建筑粉尘对周围环境的影响，现场堆积建筑原料或建筑垃圾应采取一定的遮盖措施，避免风力扬尘。

（2）噪声

施工期噪声包括各类机械、运输车辆的噪声以及土建施工产生的噪声，由于施工范围小，施工噪声对周围环境的影响较小。施工设备应考虑选择低噪音设备，施工过程防止机械噪声的超标。

（3）废水

施工期产生的废水主要包括施工废水和施工人员的生活污水，施工废水循环使用，生活污水产量较小，可依托建设单位化粪池等生活污水处理设施处理后纳入市政污水管网，不得随意排放。

（4）固体废物

装修过程中产生的装修垃圾和施工人员产生的生活垃圾可依托市政垃圾收运系统收集处理。施工产生的废弃物应妥善保管，及时回收处理。

（5）X 射线

本项目射线装置安装调试不涉及放射性药物的使用，仅调试阶段 DSA 会产生 X 射线，同

时设备安装完成后，会有少量的废包装材料产生。调试阶段应在已经做好辐射防护的机房内进行，张贴辐射警示标识，避免无关人员靠近，经墙体的屏蔽及距离衰减后对环境的影响可以接受的。

9.2 营运期工程分析

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。DSA 的整体外观示意图如图 9-2 所示。

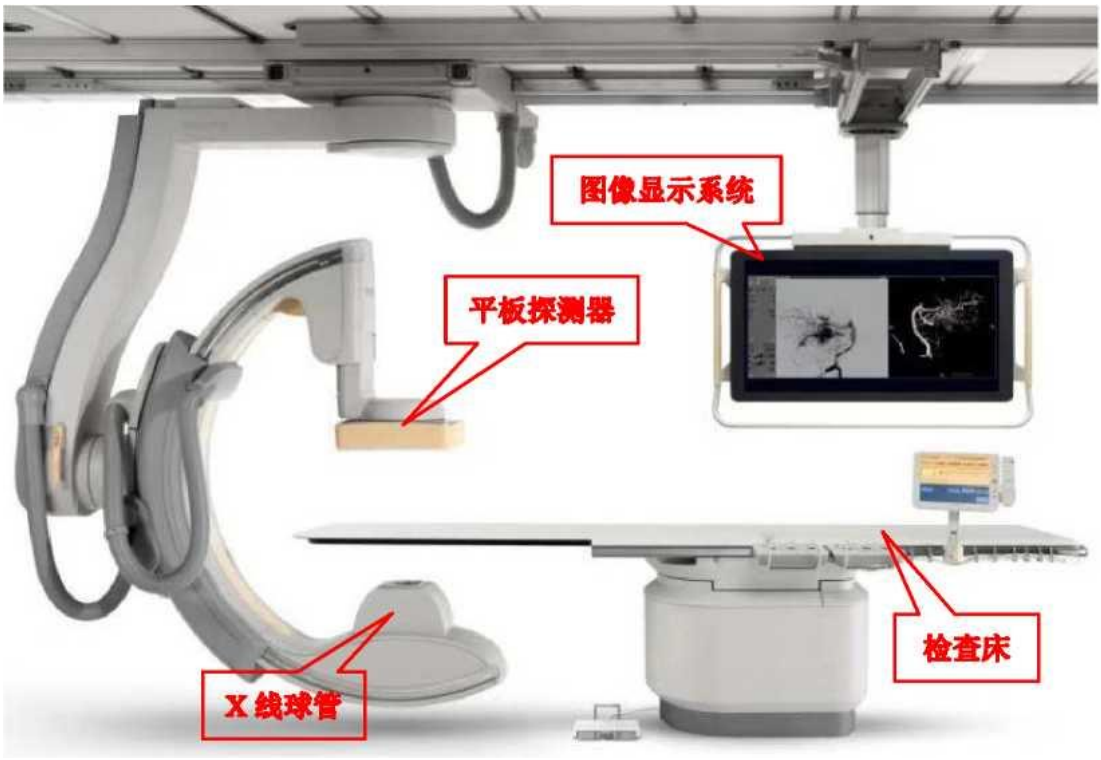


图 9-2　DSA 射线装置整体外观示意图

9.2.2 DSA 工作原理

X 射线诊断装置主要由 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 射线管和两极之间，使电子在射到靶体之前被加速到很高的速度，这些高速电子到达靶面被靶突然阻挡从而产生 X 射线。典型 X 射线管结构详见图 9-3。

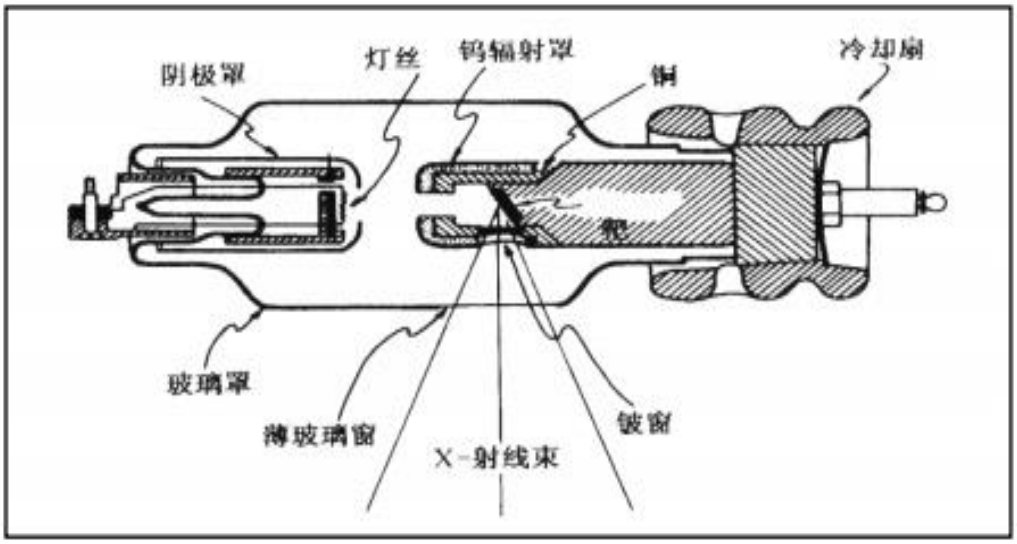


图 9-3　典型 X 射线管结构图

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 成像的基本原理是将受检部位注入造影剂之前和注入造影剂后的血管造影 X 射线荧光图像，分别经影像增强器增益后，再用高分辨率的电视摄像管扫描，将图像分割成许多的小方格，做成矩阵化，形成由小方格中的像素所组成的视频图像，经对数增幅和模/数转换为不同数值的数字，形成数字图像并分别储存起来，然后输入电子计算机处理并将两幅图像的数字信息相减，获得的不同数值的差值信号，再经对比度增强和数/模转换为普通的模拟信号，获得去除骨骼、肌肉和其它软组织，只留下单纯血管影像的减影图像，通过显示器显示出来。

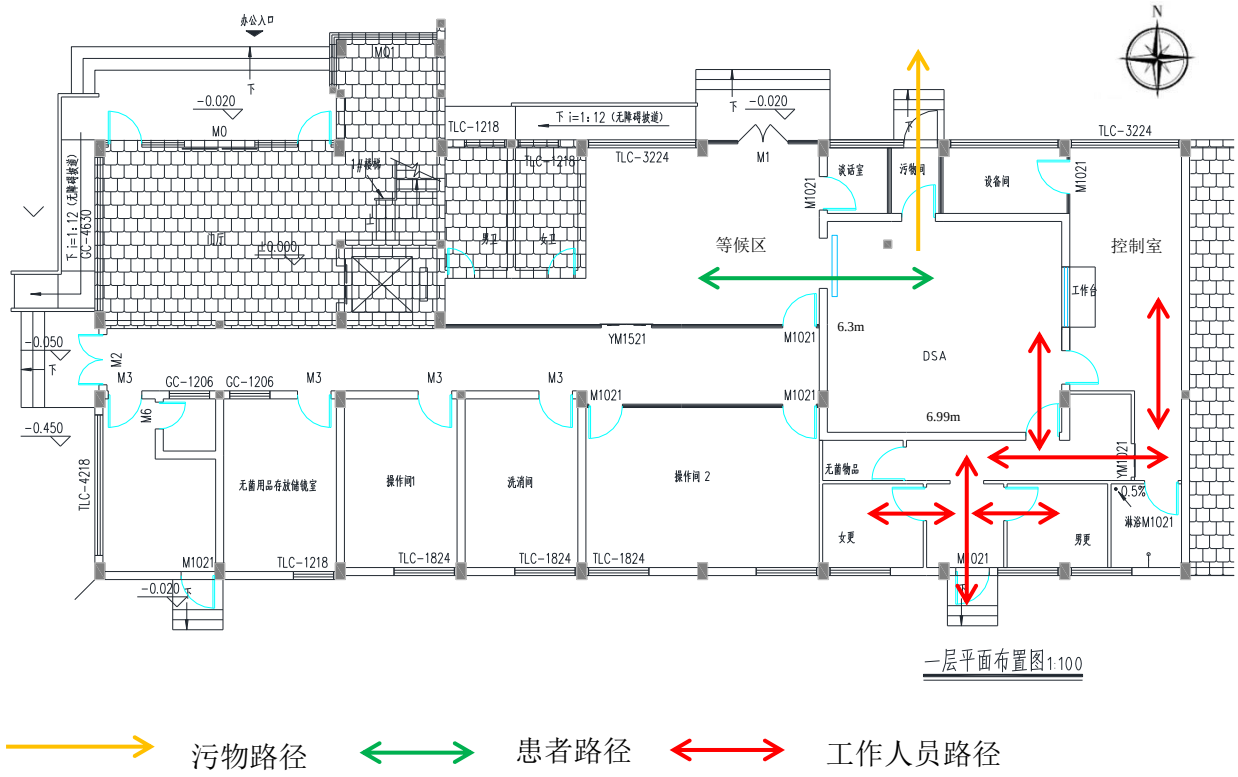
9.2.3 DSA 路径分析

本项目 DSA 路径主要是工作人员（包括医护人员、技师）路径、患者路径及污物路径，如图 9-4 所示。

工作人员路径：工作人员在南侧更衣室更衣后进入控制室，技师在控制室进行设备操作，手术医护人员在南侧更衣室更衣后进入 DSA 机房内部进行手术。

患者路径：患者需工作人员推床从北侧入口进入病人候诊区，经 DSA 机房西侧患者防护门进入 DSA 机房内部进行手术。

污物路径：手术结束后，由工作人员将污物从 DSA 机房北侧污物防护门送至污物间。



污物路径　　患者路径　　工作人员路径

图 9-4　本项目辐射工作场所人流物流示意图

9.2.4 操作流程及产污环节

诊疗时，患者仰卧并进行无菌消毒，局部麻醉后，经皮穿刺静脉，送入引导钢丝及扩张管与外鞘，退出钢丝及扩张管将外鞘保留于静脉内，经鞘插入导管，推送导管，在 X 线透视下将导管送达静脉，顺序取血测定静、动脉，并留 X 线片记录，探查结束，撤出导管，穿刺部位止血包扎。

DSA 在进行曝光时分为两种情况：

第一种情况（透视）：医生需进行手术治疗时，采用近台同室操作方式，通过控制 DSA 的 X 线系统曝光，对患者的部位进行间歇或连续式透视。具体方式是受检者位于机房手术床上，介入手术医生位于手术床旁，距 DSA 的 X 线管 0.3~1.0m 处，在非主射束方向，配备个人防护用品（如铅衣、铅围脖、铅手套等），同时手术床旁设有屏蔽挂帘，介入治疗中医师根据操作需求踩动手术床下的脚踏开关启动 DSA 的 X 线系统进行透视（DSA 的 X 线系统连续发射 X 射线），通过显示屏上显示的连续画面，完成介入操作，医生、护士佩戴防护用品。

第二种情况（减影）：操作人员采取隔室操作的方式（即操作医师在控制室内对病人进行曝光），通过控制 DSA 的 X 射线系统曝光，采集造影部位图像。具体方式是受检者位于机房检查床上，医护人员调整好 X 线球管、人体、影像增强器三者之间的距离，然后退出 DSA 机

房，关好防护门。医生、操作人员通过操作间的电子计算机系统控制 DSA 的 X 射线系统曝光，采集造影部位图像。医生通过铅玻璃观察窗和操作台观察机房内病人情况，并通过对讲系统与病人交流。DSA 的诊疗流程及产污环节如图 9-5 所示。

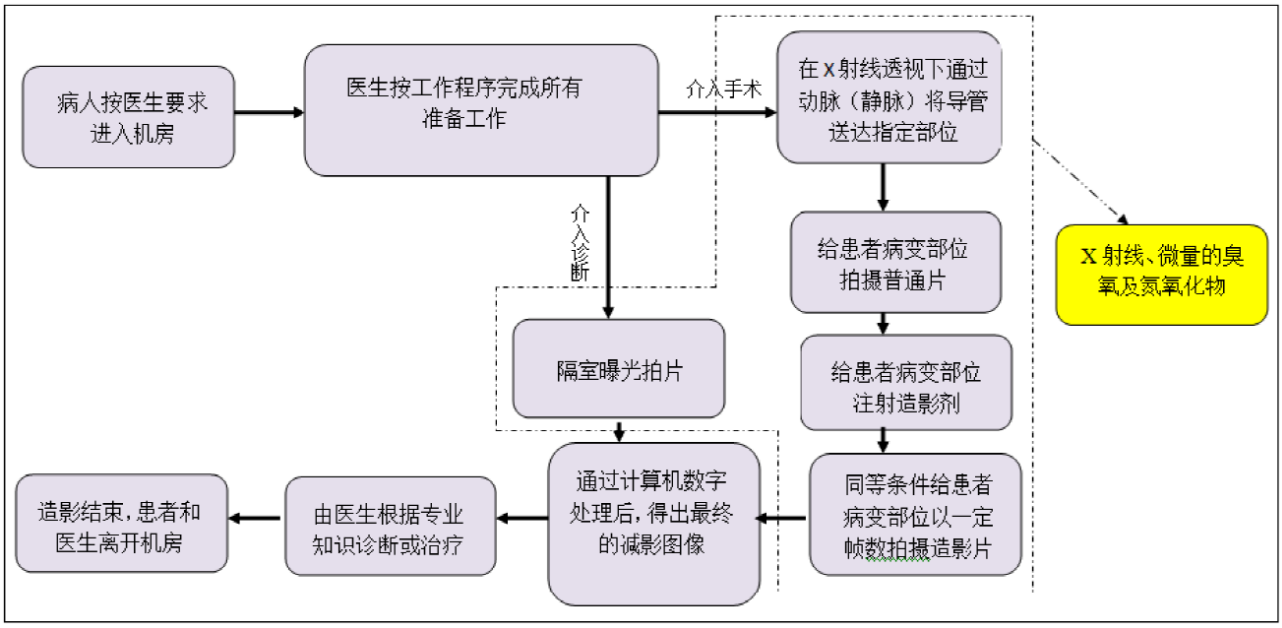


图 9-5　DSA 操作流程及产污环节示意图

综上可知，DSA 在非诊断状态下不产生射线，只有在开机并处于出束状态时才会发出 X 射线，且在开机期间 X 射线与空气作用将产生臭氧、氮氧化物等有害气体。因此，本项目 DSA 在开机期间 X 射线为主要污染因子，其次为臭氧、氮氧化物，无其他放射性废气、废水及固体废物产生。

9.3 污染源项描述

9.3.1 正常工况源项

（1）辐射污染因子

由 X 射线装置的工作原理可知，X 射线随机器的开、关而产生和消失。医院使用的 X 射线装置在非诊断状态下不产生射线，只有在开机并处于出束状态时才会发出 X 射线。因此，在开机期间，评价因子主要为 X 射线。由于 X 射线贯穿能力强，将对工作人员、公众及周围环境造成一定的辐射污染，包含以下几种 X 射线辐射：

①有用线束

通过控制 DSA 的 X 线系统曝光，采集造影部位图像或者对患者的部位进行间歇式透视。

②泄漏辐射

由靶向外从各个方向穿过辐射头泄漏出来的射线称为漏射线。漏射线遍布机架各处。

③散射辐射

当有用线束射入治疗床上的人体时，会产生散布于各个方面上的次级散射辐射，这种射线的能量和剂量率比有用线束低得多，剂量率大小决定于被照区域、初级射线能量和散射角度。

（2）非放射性废气

DSA 运行过程中，在 X 射线的作用下，空气吸收辐射能量并通过电离产生少量的臭氧和氮氧化物。

9.3.2 事故工况源项

（1）工作人员或病人家属尚未撤离 DSA 机房时误开机，造成滞留人员的误照射；

（2）安全装置发生故障状况下，人员误入正在运行的 DSA 机房而造成误照射；

（3）医用射线装置在检修、维护等过程中，检修、维护人员误操作，造成有关人员误照射；

（4）DSA 的 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。

事故工况下污染源项与正常工况下相同。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 辐射工作场所布局合理性分析

本项目 DSA 机房拟建于医院综合楼 5 号楼 1 层，机房六面情况（东、南、西、北、上、下）如表 10-1 所示。

表 10-1　DSA 机房周边场所布局一览表

所在区域	辐射场所	方位	周边房间及场所
综合楼 5 号楼 1 层	DSA 机房	东	控制室
		南	无菌物品室和医生通道
		西	过道和等候区
		北	谈话室、污物间、设备间
		楼上	药库
		楼下	实土层

（1）本项目 DSA 机房位于医院综合楼 5 号楼 1 层 DSA 机房，DSA 机房和配套房间均集中布置，相对独立且人流较少，降低了公众受到照射的可能性，且周围无明显环境制约因素。

（2）本项目 DSA 有用线束不照射门、窗、管线口与工作人员操作位，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。

（3）病人通道的宽度满足病人手推车辆的通行，方便治疗。DSA 机房外的电动推拉防护门门口贴有电离辐射警告标志和黄色警戒线，减少了公众误入的可能性。

综上所述，本项目各组成部分功能区明确，所在位置既方便就诊，满足科室诊疗需要，又能降低人员受到意外照射的可能性，所以本项目 DSA 工作场所平面布置基本合理可行。

10.1.2 辐射分区管理

（1）两区划分情况

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防护工作，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。该标准规定“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”，“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，但需要经常以职业照射条件进行监督和评价”。

本项目 DSA 辐射工作场所分区情况表 10-2，分区详见附图 5。

表 10-2　本项目控制区和监督区划分情况

场所名称	控制区	监督区
DSA	DSA 机房	控制室、无菌物品室和医生通道、过道和等候区、谈话室、污物间、设备间

此外，本项目拟将 DSA 机房四周除监督区外紧邻的房间及楼上、楼下对应区域作为辐射环境影响关注区，建设单位在运行期须加强对上述辐射环境影响关注区的定期监测、年度监测和验收监测，发现问题及时处理。

（2）“两区”管控要求

①控制区防护手段与安全措施

a、控制区进出口及其适当位置处设立醒目的警告标志（图 10-1）；

b、制定职业防护与安全管理措施，包括适用于控制区的规则和程序；

c、运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可制度）和实体屏障（包括门锁）限制进出控制区；

d、定期审查控制区的实际状况，以确保是否有必要改变该区的防护手段、安全措施或该区的边界。

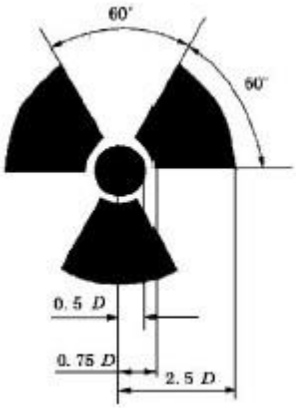


图 10-1　电离辐射标志和电离辐射警告标志

②监督区防护手段与安全措施

a、以黄线警示监督区的边界；

b、在监督区的入口处的适当地点设立表明监督区的标牌；

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

10.1.3 辐射安全及防护措施

（1）DSA 设备固有防护性能

1、设备出线口上应安装限束系统（如限束器、光阑等）。

2、X 射线管组件上应有清晰的焦点位置标示。

3、X 射线管组件上应标明固有滤过，所有附加滤过片均应标明其材料和厚度。

4、随机文件应说明下列与防护有关的性能：

a）X 射线管组件的固有滤过；

b）X 射线源组件的滤过；

c）滤过片的特性；

d）距焦点 100cm 远处球面上泄漏辐射的空气比释动能率；

e）限制有用线束的方法；

f）在焦点到影像接收器的各种距离下有用线束照射野尺寸；

g）焦点到影像接收面的最大和最小距离；

h）管电压和管电流加载条件；

i）各种使用条件下焦皮距的说明；

j）位于有用线束中床板和滤线栅对 X 射线束的衰减当量；

k）X 射线设备随机文件中应提供等剂量图，描述设备周围的杂散辐射的分布以及工作人员典型位置的杂散辐射值，便于工作人员选择防护方案；

5、在随机文件中关于滤过的内容，应符合：

a）在正常使用中不可拆卸的滤过部件，应不小于 0.5mmAl；

b）应用工具才能拆卸的滤片和固有滤过（不可拆卸的）的总滤过，应不小于 1.5mmAl；

c）X 射线有用线束中的所有物质形成的等效总滤过，应不小于 2.5mmAl。

6、设备应满足其相应设备类型的防护性能专用要求。

7、设备在机房内应具备工作人员在不变换操作位置情况下能成功切换透视和摄影功能的控制键。

8、设备应配备能阻止使用焦皮距小于 20cm 的装置。

9、介入操作中，设备控制台和机房内显示器上应能显示当前受检者的辐射剂量测定指示和多次曝光剂量记录。

本项目 DSA 设备拟购买于正规厂家，设备出厂满足 GBZ130-2020 对设备性能的要求。

（2）DSA 机房辐射屏蔽设计

依据建设单位提供的 DSA 机房防护设计方案，将机房各屏蔽体的主要技术参数列表分析，并根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中对 X 射线机房防护设计的技术要求、最小有效使用面积及最小单边长度的要求，对本项目屏蔽措施进行对照分析，结果见表 10-3、表 10-4。

表 10-3　本项目辐射工作场所拟采取屏蔽防护措施分析

机房名称	屏蔽体	屏蔽材料及厚度	折算后铅当量	GBZ130-2020 标准要求	符合性分析
DSA 机房（150kV）	东墙	24cm 实心砖+3.0cm 硫酸钡防护涂料	3.5	本项目 DSA 射线装置额定参数为管电压 150kV，管电流 1000mA。有用线束方向铅当量为 3mmPb，非有用线束方向铅当量为 2mmPb	符合
	南墙	24cm 实心砖+3.0cm 硫酸钡防护涂料	3.5		符合
	西墙	24cm 实心砖+3.0cm 硫酸钡防护涂料	3.5		符合
	北墙	24cm 实心砖+3.0cm 硫酸钡防护涂料	3.5		符合
	病人通道防护门	电动不锈钢防护门，内衬 3.0mm 厚铅板	3.0		符合
	工作人员防护门	手动平开门，内衬 3.0mm 厚铅板	3.0		符合
	污物通道防护门	手动平开门，内衬 3.0mm 厚铅板	3.0		符合
	观察窗	4.0mmPb 铅玻璃	4.0		符合
	顶棚	15cm 混凝土+3mm 铅板	4.8		符合

注：铅密度不低于 11.35g/cm³；实心砖密度不低于 1.65g/cm³，根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C，150kV 条件下 250mm 混凝土等效约为 3mmPb，基于 GBZ130-2020 附录 C 未给出对 150kV 的 X 射线下实心砖等效铅当量的相关数据，参考《放射防护实用手册》（赵兰才、张丹枫主编）P105 页表 6.14，可推导出：对≤150kV 的 X 射线，240mm 实心砖（ρ=1.65g/cm³）保守等效为 2mmPb。由于《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）附录 C 中未提供硫酸钡砂浆在 150kV 在非有用线束方向上的拟合参数，无法进行等效铅当量厚度的计算，故参考《放射防护实用手册》（主编赵兰才、张丹枫）表 6.14，硫酸钡防护涂料密度为 3.2g/cm³，20mm 硫酸钡防护涂料折算为 1mmPb。

表 10-4　本项目机房规格与标准对照表

机房名称	拟设置情况		标准要求		符合性评价
	最小单边长度（m）	有效使用面积（m²）	最小单边长度（m）	有效使用面积（m²）	
DSA 机房	6.3	44	3.5	20	符合

通过表 10-3、表 10-4 可知，本项目的 DSA 机房面积、最小单边长度均大于标准要求，其四面墙体、顶棚、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）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。从 X 射线放射诊断场所的屏蔽方面考虑，本项目 DSA 机房的防护设施的技术要求满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中的相关防护设施的技术要求。

（3）辐射安全防护措施

①射线装置机房门外拟设电离辐射警告标志、醒目的工作状态指示灯，灯箱处应设警示语句。机房门采取屏蔽防护时，应注意门与墙体的搭接应不小于缝隙距离的 10 倍。工作人员防护门和污物通道防护门为平开机房门，设置有自动闭门装置；患者防护门为电动推拉门，拟设防夹装置；拟设置工作状态指示灯（术中灯和射线装置工作指示灯）与机房门联锁等安全设施。设备处于工作状态时，工作人员防护门和患者防护门外顶部的工作状态指示灯亮，灯箱上设置“灯亮勿入、当心辐射”等可视警示语句，警示非工作人员不得入内；防护门外设置有黄色警戒线，警告无关人员请勿靠近。

②控制室内拟张贴相应的辐射工作制度、操作规程、岗位职责。

③DSA 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。射线装置均装有可调限束装置，使装置发射的线束宽度尽量减小，减少泄漏辐射。

④手术期间，陪护人员禁止进入监督区域和控制区域。

⑤DSA 机房诊疗床、关键墙面及操作间控制台处各设计有 1 个急停按钮，DSA 出束过程中，一旦出现异常，按动任一个紧急止动按钮，均可停止 X 射线系统出束，并在急停按钮旁设置醒目的中文提示。

⑥DSA 机房内将安装 1 套监控和双向对讲系统，可实时监控 DSA 机房内情况且操作间的工作人员通过对讲机与 DSA 机房内的手术人员联系。

⑦手术医生、护士配备 2 枚个人剂量计，技师配备 1 枚个人剂量计。DSA 项目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本项目 DSA 机房采用机械排风系统进行通风，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）第 6.4.3 条款规定：“机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风”的标准要求。排风口拟设置于机房吊顶处，通过排风管最终连接至综合楼 5 号楼一层南墙高空排出。风管从吊顶内采用 45 度穿墙，并采用 3mm 铅板四面包裹进行屏蔽补偿。

⑨电缆线在非主射方向以浅地沟方式从地坪下方穿越墙体与操作台相连，浅地沟表层设计防护当量为 3mmPb 进行屏蔽防护。

⑩DSA 机房应配备相应的防护用品与辅助防护设施，其配置要求需求按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求进行配备。个人防护用品配备情况详见表 10-5。

⑪DSA 机房不应堆放与设备诊断无关的杂物，物品摆放有序，保持机房内卫生整洁。

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	《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求		本项目拟配置情况		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 机房	工作人员	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：移动铅防护屏风	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜、铅手套，各 4 套	铅悬挂防护屏、铅防护吊帘、床侧防护帘，各 1 件	符合
	患者和受检者	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	—	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子，成人与儿童各 1 套	—	符合

注：防护手套不小于 0.025mmPb 当量；铅防护眼镜铅当量不小于 0.25mmPb；铅橡胶帽子、铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾铅当量不小于 0.5mmPb；儿童防护用品铅当量不小于 0.5 mmPb；铅悬挂防护屏、铅防护吊帘、床侧防护帘铅当量不小于 0.5mmPb。

表 10-6　本项目 DSA 机房辐射防护措施与标准对比分析

项目	标准要求	本项目设计方案	是否符合
机房通风	机房应设置动力排风装置，并保持良好的通风。	机房设计了机械排风系统，保证通风状况良好。	符合
机房内布局	机房内布局要合理，应避免有用线束直接照射门、窗和管线口位置；不得堆放与该设备诊断工作无关的杂物。	DSA 机房设计避免有用线束直接照射管线口；DSA 设备有用线束不直接照射门、窗；机房内未设置与诊断工作无关的设施，保持机房内整洁、不堆放杂物。	符合
警示系统	机房门外应有电离辐射标志、辐射防护注意事项、醒目的工作状态指示灯，灯箱处应设警示语句。	建设单位拟在 DSA 机房外墙上张贴辐射防护注意事项，机房门外设置电离辐射标志，在机房门上方设置工作状态指示灯、灯箱设置警示语句。	符合
安全联锁装置	机房门应有闭门装置，且工作状态指示灯和与机房相通的门能有效联动。	DSA 机房防护门拟采用自动闭门装置，并在患者防护门设门灯联锁装置，保证工作状态指示灯与防护门实现联锁功能。	符合
候诊区	不应在机房内候诊。	DSA 候诊区设置在 DSA 机房西墙外，不在机房内。	符合

10.2 “三废”治理措施

根据工艺分析，本项目运行期间无放射性废水、放射性废气产生，仅有少量臭氧、氮氧化物等有害气体产生，加强通风有利于改善工作场所空气质量。

本项目 DSA 机房拟采用机械排风系统，保证机房内有良好的通风。臭氧在常温下 20-50 分

钟后可自行分解为氧气，对环境影响较小。

10.3 射线装置报废管理要求

本项目后期投入使用后，对拟报废的 DSA 装置，医院应按照《浙江省辐射环境管理办法（2021 年修正）》中第十八条要求，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。

10.4 环保投资

本项目总投资 573 万元，主要用于设备采购、场所屏蔽部分防护改造和防护用品采购，其中项目环保投资约 43 万元，占项目总投资的 7.5%。该项目具体环保投资估算详见表 10-7。

表 10-7　环保投资估算一览表

项目		设施（措施）	金额（万元）
DSA 机房	辐射屏蔽措施	DSA 屏蔽机房 1 间（含铅防护门）及辅助房间	20
	安全措施	工作状态指示灯（门-灯联锁）1 套	2.0
		自动闭门装置	1.0
		急停按钮 3 个	1.0
	废气处理设施	通排风系统	5.0
	监测仪器及警示装置	辐射检测仪 1 台	2.0
		个人剂量计	0.5
		个人防护用品	2.0
		电离辐射警告标志、监督区、控制区标识若干	1.0
		视频监控系统及对讲装置 1 套	2.5
环评与验收			6.0
合计			43

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

医院综合楼 5 号楼土建等主体工程的施工期环境影响已在《德清县中医院建设工程项目环境影响评价表》进行了具体分析与评价，本项目施工期主要是对已有房间进行墙体砌筑和装饰施工、设备安装，通过对施工时段的控制以及施工现场严格管理等手段，可使本项目施工期环境影响的范围和强度进一步减小。因此，本项目不对施工期的环境影响进行具体分析。

本环评要求 DSA 设备的安装与调试应请设备厂家专业人员进行，建设单位不得自行安装及调试设备。在设备安装调试阶段，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，防止辐射事故的发生。

由于设备的安装和调试均在机房内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可以接受的。设备安装完成后，建设单位需及时回收包装材料及其它固体废物作为一般固体废物进行处置，不得随意丢弃。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 DSA 机房周围辐射水平预测

本项目 DSA 额定管电压为 150kV，额定管电流为 1000mA，主射方向由下往上，所在机房设计净尺寸为 6.99m（长）×6.3m（宽）×3.0m（高）。DSA 设备在手术中分摄影和透视两种模式。DSA 摄影（拍片）模式是指 DSA 的 X 射线系统曝光时，工作人员位于控制室，即为隔室操作方式。DSA 透视模式是指在透视条件下，工作人员近台同室进行介入操作。本次评价采用理论计算的方法分别对摄影、透视两种工况下机房周围的辐射水平进行了预测。

1、预测点位

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）附录 B 中 B.2.1 条款，计算关注点的位置选取原则为：距墙体、门、窗 30cm；顶棚上方（楼上）距顶棚 100cm。结合建设单位提供的设备安装方案图，本项目关注点分布及环境特征情况见表 11-1，预测点位示意图见图 11-1。

表 11-1 预测关注点分布情况表

点位编号	点位描述	环境特征	需考虑的辐射类型
①	DSA 机房东侧外 30cm	观察窗	泄漏辐射、散射辐射
②		工作人员防护门 1	泄漏辐射、散射辐射
③	DSA 机房南侧外 30cm	工作人员防护门 2	泄漏辐射、散射辐射
④		无菌物品室	泄漏辐射、散射辐射
⑤	DSA 机房西侧外 30cm	病人通道防护门	泄漏辐射、散射辐射

⑥	DSA 机房北侧外 30cm	谈话室	泄漏辐射、散射辐射
⑦		污物通道防护门	泄漏辐射、散射辐射
⑧		设备间	泄漏辐射、散射辐射
⑨	DSA 机房楼上 100cm 处	药库	有用线束
⑩	术者操作位 （第一、第二术者操作位，以第一术者位为代表）	DSA 机房内	泄漏辐射、散射辐射

注：（1）DSA 机房四侧墙体防护水平为 3.5mmPb，观察窗的防护水平为 4mmPb，墙体同侧防护门的防护水平为 3mmPb，本次评价选取机房墙体防护相对薄弱且更具代表性的区域作为关注点进行预测。

（2）根据 GBZ 130-2020 第 7.8.3 条款规定，除存在临床不可接受的情况外，图像采集时工作人员应尽量不在机房内停留。摄影工况下，介入手术人员在控制室内通过观察窗和对讲装置与病人进行观察和交流。DSA 机房内手术操作时，第一术者位主要为临床医生，距离辐射源一般为 0.3～1.0m；第二术者位主要为护士协助，距离辐射源一般为 1.0～1.5m，均位于非主射方向。本次评价重点考虑第一术者位在透视状态下的剂量影响，根据辐射剂量率与距离的平方成反比的定律，如第一术者位受照剂量满足相关标准限值要求，则第二术者位亦可满足相关要求。

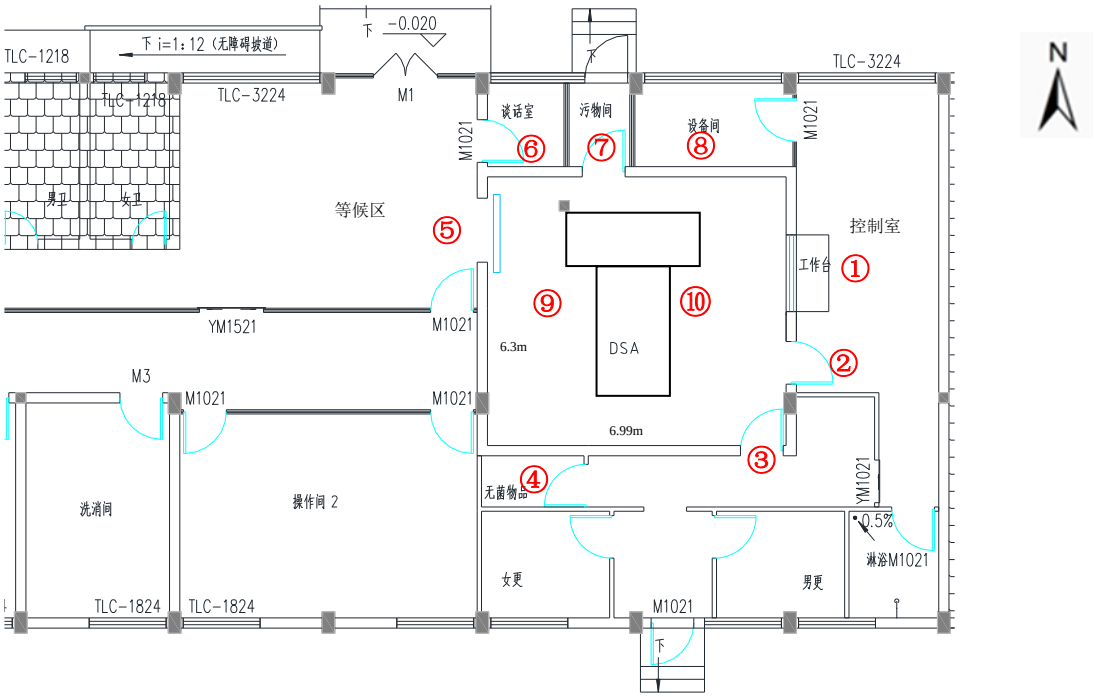


图 11-1　本项目预测点位示意图

2、预测工况

一般 DSA 设备的额定功率约为 80～100kW。设备具有自动调强功能，如果受检者体型偏小，功率自动降低；如果受检者体型偏大，功率自动增强。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，实际临床使用时管电压通常在 100kV 以下，透视管电流通常为几十 mA，摄影功率较大，管电流通常为几百 mA。根据建设单位提供的资料，

本项目 DSA 设备运行的典型工况见表 11-2。

表 11-2　本项目 DSA 设备运行的典型工况

设备名称	摄影常用最大工况		透视常用最大工况	
	管电压（kV）	管电流（mA）	管电压（kV）	管电流（mA）
本项目 DSA	100	500	80	10

3、预测模式

本项目 DSA 设备主射方向为由下而上，根据 NCRP Report NO.147：Structural Shielding Design For Medical X-Ray Imaging Facilities》中 4.1.6 节（P42 页），因（FDA，2003c）规定在血管造影术中将使用图像增强器，可阻挡主射线。4.1.6.2 节（P43～P44 页）：事实上，初级辐射的强度会大幅度地被病人、影像接收器和支撑影像接收器的结构减弱…通常，保守起见，会忽略病人起到的显著削弱作用，只考虑成像硬件对于 X 射线的削弱。Dixon 在 1994 年，Dixon 和 Simpkin 在 1998 年的年度 AAPMTG 系列报告中给出了硬件设施的等效铅当量。由文中表 4.6 可得，影像接收器等硬件设施的等效铅当量为 1.15mm。

本次评价将楼上区域主要考虑有用线束，其他方向主要考虑泄漏辐射和散射辐射的影响。参考《辐射防护手册——第一分册》（李德平、潘自强主编）P436～P437 页式（10.8）、（10.9）、（10.10），将原公式中的利用因子、占用因子均取为 1，可推导出以下计算公式。

①有用线束

$$H = \frac{\mathrm{I} \cdot H_0 \cdot B}{d^2} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (11-1)$$

式中：H——关注点处的辐射剂量率，μGy/h；

I——管电流，mA；本项目摄影工况管电流为 500mA，透视工况管电流为 10mA；

H_0——距靶点 1m 的 X 射线输出量，$\mu Gy \cdot m^2 \cdot mA^{-1} \cdot h^{-1}$；根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）第 5.1.5 条款，除牙科摄影和乳腺摄影用 X 射线设备外，X 射线有用线束中的所有物质形成的等效总滤过，应不小于 2.5mmAl，故本项目过滤片保守取为 2.5mmAl。参考《辐射防护导论》（方杰主编）P342 页附图 3，仅有过滤片 2mmAl 和 3mmAl 的曲线图，本次评价保守按过滤片为 2mmAl 进行取值，则摄影（100kV）时 X 射线发射率常数 $\delta_{100kV}=9mGy \cdot m^2 \cdot mA^{-1} \cdot min^{-1}$，则 $H_{0(100kV)}=5.4\times10^5\mu Gy \cdot m^2 \cdot mA^{-1} \cdot h^{-1}$；透视（80kV）时 X 射线发射率常数 $\delta_{80kV}=6\ mGy \cdot m^2 \cdot mA^{-1} \cdot min^{-1}$，则 $H_{0(80kV)}=3.6\times10^5\mu Gy \cdot m^2 \cdot mA^{-1} \cdot h^{-1}$。

d——辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

B——给定屏蔽物质的屏蔽透射因子。

②泄漏辐射

$$H = \frac{H_L \cdot B}{d^2} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots（11\text{-}2）$$

式中：H——关注点处的辐射剂量率，μGy/h；

H_L：距靶点 1m 处的泄漏辐射剂量率，单位为 μGy/h；根据国际放射防护委员会第 33 号出版物《医用外照射源的辐射防护》P23 页：“（77）用于诊断目的的每一个 X 线管必须封闭在管套内，以使得位于该套内的 X 射线管在制造厂规定的每个额定值时，离焦点 1 米处所测得的泄漏辐射在空气中的比释动能不超过 1mGy”，故本项目 H_L 保守取值为 1000μGy/h。

d——辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

B——给定屏蔽物质的屏蔽透射因子。

③病人体表散射辐射

$$H = \frac{I \cdot H_0 \cdot \alpha \cdot B \cdot S}{{d_0}^2 \cdot {d_s}^2} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots（11\text{-}3）$$

式中：H——关注点处的辐射剂量率，μGy/h；

I——管电流，取值同上；

H_0——距靶点 1m 的 X 射线输出量，$\mu Gy \cdot m^2 \cdot mA^{-1} \cdot h^{-1}$，取值同上；

α——患者对入射 X 射线的散射比，根据《辐射防护手册——第一分册》（潘自强、李德平编）P437 页，α=a/400，其中 a 为人体对 X 射线的散射照射量与入射照射量之比。对照该手册的表 10.1，本项目摄影和透视工况下均取入射能量为 100kV 时 90° 散射，则 a 保守取值 0.0013，则 $\alpha=3.25\times10^{-6}$；

S——散射面积，取 $100cm^2$；

d_0——源与患者的距离，取 0.8m；

d_s——散射体（患者）与关注点的距离，m；

B——给定屏蔽物质的屏蔽透射因子。

④屏蔽透射因子

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）附录 C 中第 6.1.2 条款，对给定的铅厚度，不同管电压 X 射线辐射在铅中衰减的 α、β、γ 拟合值见表 C.2~表 C.3，按式（11-4）计算

屏蔽透射因子：

$$B=\left[\left(1+\frac{\beta}{\alpha}\right)e^{\alpha\gamma X}-\frac{\beta}{\alpha}\right]^{-\frac{1}{\gamma}}\cdots\cdots\cdots\cdots(11-4)$$

其中：B——给定铅厚度的屏蔽透射因子；α、β、γ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；X——铅厚度。

本项目摄影工况按 100kV 取值，透射工况保守按 90kV 取值（GBZ 130-2020 附录 C 表 C.2 中仅有管电压 70kV 和 90kV 的参数取值，无 80kV 的参数取值），屏蔽透射因子取值如下：

表 11-3　各关注点位的屏蔽透射因子计算结果

类型	工作模式	关注点位	防护情况	折算铅当量	α	β	γ	B
有用线束	摄影	⑨药库	15cm 混凝土+3mm 铅板+1.15mm 影像接收器等硬件设施	5.95mmPb	2.500	15.28	0.7557	2.58×10^{-8}
	透视			5.95mmPb	3.067	18.83	0.7726	9.33×10^{-10}
泄漏辐射	摄影	①观察窗	4mmPb 铅玻璃	4mmPb	2.500	15.28	0.7557	3.39×10^{-6}
		②工作人员防护门 1	内衬 3mm 铅板	3mmPb	2.500	15.28	0.7557	4.14×10^{-5}
		③工作人员防护门 2	内衬 3mm 铅板	3mmPb	2.500	15.28	0.7557	4.14×10^{-5}
		④无菌物品室	24cm 实心砖+3.0cm 硫酸钡防护涂料	3.5mmPb	2.500	15.28	0.7557	1.18×10^{-5}
		⑤病人通道防护门	内衬 3mm 铅板	3mmPb	2.500	15.28	0.7557	4.14×10^{-5}
		⑥谈话室	24cm 实心砖+3.0cm 硫酸钡防护涂料	3.5mmPb	2.500	15.28	0.7557	1.18×10^{-5}
		⑦污物通道防护门	内衬 3mm 铅板	3mmPb	2.500	15.28	0.7557	4.14×10^{-5}
		⑧设备间	24cm 实心砖+3.0cm 硫酸钡防护涂料	3.5mmPb	2.500	15.28	0.7557	1.18×10^{-5}
	透视	①观察窗	4mmPb 铅玻璃	4mmPb	3.067	18.83	0.7726	3.69×10^{-7}
		②工作人员防护门 1	内衬 3mm 铅板	3mmPb	3.067	18.83	0.7726	7.93×10^{-6}
		③工作人员防护门 2	内衬 3mm 铅板	3mmPb	3.067	18.83	0.7726	7.93×10^{-6}

		④无菌物品室	24cm 实心砖+3.0cm 硫酸钡防护涂料	3.5mmPb	3.067	18.83	0.7726	1.71×10^{-6}
		⑤病人通道防护门	内衬 3mm 铅板	3mmPb	3.067	18.83	0.7726	7.93×10^{-6}
		⑥谈话室	24cm 实心砖+3.0cm 硫酸钡防护涂料	3.5mmPb	3.067	18.83	0.7726	1.71×10^{-6}
		⑦污物通道防护门	内衬 3mm 铅板	3mmPb	3.067	18.83	0.7726	7.93×10^{-6}
		⑧设备间	24cm 实心砖+3.0cm 硫酸钡防护涂料	3.5mmPb	3.067	18.83	0.7726	1.71×10^{-6}
		⑩第一术者位	0.5mmPb 铅衣	0.5mmPb	3.067	18.83	0.7726	0.025
			0.25mmPb 铅眼镜	0.25mmPb	3.067	18.83	0.7726	0.084
			0.025mmPb 铅手套	0.025mmPb	3.067	18.83	0.7726	0.626
散射辐射	摄影	①观察窗	4mmPb 铅玻璃	4mmPb	2.507	15.33	0.9124	5.14×10^{-6}
		②工作人员防护门 1	内衬 3mm 铅板	3mmPb	2.507	15.33	0.9124	6.31×10^{-5}
		③工作人员防护门 2	内衬 3mm 铅板	3mmPb	2.507	15.33	0.9124	6.31×10^{-5}
		④无菌物品室	24cm 实心砖+3.0cm 硫酸钡防护涂料	3.5mmPb	2.507	15.33	0.9124	1.80×10^{-5}
		⑤病人通道防护门	内衬 3mm 铅板	3mmPb	2.507	15.33	0.9124	6.31×10^{-5}
		⑥谈话室	24cm 实心砖+3.0cm 硫酸钡防护涂料	3.5mmPb	2.507	15.33	0.9124	1.80×10^{-5}
		⑦污物通道防护门	内衬 3mm 铅板	3mmPb	2.507	15.33	0.9124	6.31×10^{-5}
		⑧设备间	24cm 实心砖+3.0cm 硫酸钡防护涂料	3.5mmPb	2.507	15.33	0.9124	1.80×10^{-5}
	透视	①观察窗	4mmPb 铅玻璃	4mmPb	3.067	18.83	0.7726	3.69×10^{-7}
		②工作人员防护门 1	内衬 3mm 铅板	3mmPb	3.067	18.83	0.7726	7.93×10^{-6}
		③工作人员防护门 2	内衬 3mm 铅板	3mmPb	3.067	18.83	0.7726	7.93×10^{-6}

		④无菌物品室	24cm 实心砖+3.0cm 硫酸钡防护涂料	3.5mmPb	3.067	18.83	0.7726	1.71×10^{-6}
		⑤病人通道防护门	内衬 3mm 铅板	3mmPb	3.067	18.83	0.7726	7.93×10^{-6}
		⑥谈话室	24cm 实心砖+3.0cm 硫酸钡防护涂料	3.5mmPb	3.067	18.83	0.7726	1.71×10^{-6}
		⑦污物通道防护门	内衬 3mm 铅板	3mmPb	3.067	18.83	0.7726	7.93×10^{-6}
		⑧设备间	24cm 实心砖+3.0cm 硫酸钡防护涂料	3.5mmPb	3.067	18.83	0.7726	1.71×10^{-6}
		⑩第一术者位	0.5mmPb 铅衣	0.5mmPb	3.067	18.83	0.7726	0.025
			0.25mmPb 铅眼镜	0.25mmPb	3.067	18.83	0.7726	0.084
			0.025mmPb 铅手套	0.025mmPb	3.067	18.83	0.7726	0.626

注：铅密度不低于 11.35g/cm³；实心砖密度不低于 1.65g/cm³，根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C，150kV 条件下 250mm 混凝土等效约为 3mmPb，基于 GBZ130-2020 附录 C 未给出对 150kV 的 X 射线下实心砖等效铅当量的相关数据，参考《放射防护实用手册》（赵兰才、张丹枫主编）P105 页表 6.14，可推导出：对≤150kV 的 X 射线，240mm 实心砖（ρ=1.65g/cm³）保守等效为 2mmPb。由于《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）附录 C 中未提供硫酸钡砂浆在 150kV 在非有用线束方向上的拟合参数，无法进行等效铅当量厚度的计算，故参考《放射防护实用手册》（主编赵兰才、张丹枫）表 6.14，硫酸钡防护涂料密度为 3.2g/cm³，20mm 硫酸钡防护涂料折算为 1mmPb。

4、预测结果

4.1 DSA 机房外辐射水平

根据公式（11-1）~公式（11-3），本项目 DSA 机房外有用线束、泄漏辐射和散射辐射剂量率预测结果分别见表 11-4~表 11-6。

表 11-4　有用线束剂量率估算结果

工作模式	关注点位	I（mA）	H_0（μGy・m²・mA⁻¹・h⁻¹）	d（m）	B	H（μGy/h）
摄影	⑨药库	500	5.4×10^{5}	3.2	2.58×10^{-8}	0.68
透视		10	3.6×10^{5}	3.2	9.33×10^{-10}	3.3×10^{-4}
注：根据设备厂家提供的资料，本项目 DSA 设备的等中心点距地面的距离约 100cm。						

表 11-5　泄漏辐射剂量率估算结果

工作模式	关注点位	H_L（μGy/h）	d（m）	B	H（μGy/h）
摄影	①观察窗	1000	3.8	3.39×10^{-6}	2.35×10^{-4}
	②工作人员防护门 1	1000	3.8	4.14×10^{-5}	2.87×10^{-3}
	③工作人员防护门 2	1000	4.6	4.14×10^{-5}	1.96×10^{-3}
	④无菌物品室	1000	4.6	1.18×10^{-5}	5.58×10^{-4}
	⑤病人通道防护门	1000	3.8	4.14×10^{-5}	2.87×10^{-3}
	⑥谈话室	1000	2.3	1.18×10^{-5}	2.23×10^{-3}
	⑦污物通道防护门	1000	2.3	4.14×10^{-5}	7.83×10^{-3}
	⑧设备间	1000	2.3	1.18×10^{-5}	2.23×10^{-3}
透视	①观察窗	1000	3.8	3.69×10^{-7}	2.56×10^{-5}
	②工作人员防护门 1	1000	3.8	7.93×10^{-6}	5.49×10^{-4}
	③工作人员防护门 2	1000	4.6	7.93×10^{-6}	3.75×10^{-4}
	④无菌物品室	1000	4.6	1.71×10^{-6}	8.08×10^{-5}
	⑤病人通道防护门	1000	3.8	7.93×10^{-6}	5.49×10^{-4}
	⑥谈话室	1000	2.3	1.71×10^{-6}	3.23×10^{-4}
	⑦污物通道防护门	1000	2.3	7.93×10^{-6}	1.50×10^{-3}
	⑧设备间	1000	2.3	1.71×10^{-6}	3.23×10^{-4}

表 11-6　散射辐射剂量率估算结果

工作模式	关注点位	I（mA）	H_0（μGy·m^2·mA^{-1}·h^{-1}）	α	S（cm^2）	d_0（m）	d_s（m）	B	H（μGy/h）
摄影	①观察窗	500	5.4×10^5	3.25×10^{-6}	100	0.8	3.8	5.14×10^{-6}	0.05
	②工作人员防护门 1	500	5.4×10^5	3.25×10^{-6}	100	0.8	3.8	6.31×10^{-5}	0.60
	③工作人员防护门 2	500	5.4×10^5	3.25×10^{-6}	100	0.8	4.6	6.31×10^{-5}	0.41
	④无菌物品室	500	5.4×10^5	3.25×10^{-6}	100	0.8	4.6	1.80×10^{-5}	0.12
	⑤病人通道防护门	500	5.4×10^5	3.25×10^{-6}	100	0.8	3.8	6.31×10^{-5}	0.60
	⑥谈话室	500	5.4×10^5	3.25×10^{-6}	100	0.8	2.3	1.80×10^{-5}	0.47
	⑦污物通道防护门	500	5.4×10^5	3.25×10^{-6}	100	0.8	2.3	6.31×10^{-5}	1.64
	⑧设备间	500	5.4×10^5	3.25×10^{-6}	100	0.8	2.3	1.80×10^{-5}	0.47
透视	①观察窗	10	3.6×10^5	3.25×10^{-6}	100	0.8	3.8	3.69×10^{-7}	4.67×10^{-5}
	②工作人员防护门 1	10	3.6×10^5	3.25×10^{-6}	100	0.8	3.8	7.93×10^{-6}	1.00×10^{-3}
	③工作人员防护门 2	10	3.6×10^5	3.25×10^{-6}	100	0.8	4.6	7.93×10^{-6}	6.86×10^{-4}
	④无菌物品室	10	3.6×10^5	3.25×10^{-6}	100	0.8	4.6	1.71×10^{-6}	1.48×10^{-4}
	⑤病人通道防护门	10	3.6×10^5	3.25×10^{-6}	100	0.8	3.8	7.93×10^{-6}	1.00×10^{-3}
	⑥谈话室	10	3.6×10^5	3.25×10^{-6}	100	0.8	2.3	1.71×10^{-6}	5.91×10^{-4}
	⑦污物通道防护门	10	3.6×10^5	3.25×10^{-6}	100	0.8	2.3	7.93×10^{-6}	2.74×10^{-3}
	⑧设备间	10	3.6×10^5	3.25×10^{-6}	100	0.8	2.3	1.71×10^{-6}	5.91×10^{-4}

综上所述，本项目摄影和透视工况下 DSA 机房外各关注点的总辐射剂量率汇总如下。

表 11-7　本项目 DSA 机房外辐射水平预测结果

工作模式	关注点位	有用线束（μGy/h）	泄漏辐射（μGy/h）	散射辐射（μGy/h）	总辐射剂量率（μGy/h）
摄影	①观察窗	/	2.35×10^{-4}	0.05	0.05
	②工作人员防护门 1	/	2.87×10^{-3}	0.60	0.60
	③工作人员防护门 2	/	1.96×10^{-3}	0.41	0.41
	④无菌物品室	/	5.58×10^{-4}	0.12	0.12
	⑤病人通道防护门	/	2.87×10^{-3}	0.60	0.60
	⑥谈话室	/	2.23×10^{-3}	0.47	0.47
	⑦污物通道防护门	/	7.83×10^{-3}	1.64	1.64
	⑧设备间	/	2.23×10^{-3}	0.47	0.47
	⑨药库	0.68	/	/	0.68
透视	①观察窗	/	2.56×10^{-5}	4.67×10^{-5}	7.23×10^{-5}
	②工作人员防护门 1	/	5.49×10^{-4}	1.00×10^{-3}	1.55×10^{-3}
	③工作人员防护门 2	/	3.75×10^{-4}	6.86×10^{-4}	1.06×10^{-3}
	④无菌物品室	/	8.08×10^{-5}	1.48×10^{-4}	2.29×10^{-4}
	⑤病人通道防护门	/	5.49×10^{-4}	1.00×10^{-3}	1.55×10^{-3}
	⑥谈话室	/	3.23×10^{-4}	5.91×10^{-4}	9.15×10^{-4}
	⑦污物通道防护门	/	1.50×10^{-3}	2.74×10^{-3}	4.24×10^{-3}
	⑧设备间	/	3.23×10^{-4}	5.91×10^{-4}	9.15×10^{-4}
	⑨药库	3.3×10^{-4}	/	/	3.3×10^{-4}

由上述估算结果可知：摄影工况条件下，DSA 机房屏蔽体外周围关注点的辐射剂量率最大值为 1.64μGy/h；透视工况条件下，DSA 机房屏蔽体外周围关注点的辐射剂量率最大值为 4.24×10^{-3}μGy/h。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002），光子的辐射权重因子 WR=1，当量剂量跟吸收剂量在数值上是相等的，即 1Sv 数值上等于 1Gy。因此，本项目 DSA 机房在拟采取的辐射屏蔽防护设计方案情况下，能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中规定的 2.5μSv/h 的限值要求。

4.2 第一术者位辐射水平

DSA 机房内手术操作时，第一术者位主要为临床医生，距离辐射源一般为 0.3～1.0m；第二术者位主要为护士协助，距离辐射源一般为 1.0～1.5m，均位于非主射方向。本次评价重点考虑第一术者位在透视状态下的剂量影响，根据辐射剂量率与距离的平方成反比的定律，如第一术者位受照剂量满足相关标准限值要求，则第二术者位亦可满足相关要求。

根据《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》（WS76-2020）中的规定，X 射线透射设备（非直接荧光屏透视设备）透视防护区检测平面上周围剂量当量率应小于 400μSv/h，本项目介入手术医生透视防护区剂量率仪此值进行保守估算，手部处于非透视防护区，进行漏射和散射剂量率的叠加计算，详见表 11-8。

表 11-8　第一术者位辐射剂量率估算结果

工作模式	关注点位	I（mA）	H_0（μGy・m^2・mA^{-1}・h^{-1}）或 H_L（μGy/h）	d（m）	B	H（μGy/h）
透视	第一术者位（铅衣内）	/	400	/	0.025	10
	第一术者位（铅衣外）	/	400	/	1	400
	第一术者位（手部：泄漏）	/	1000	1	0.626	1766
	第一术者位（手部：散射）	10	3.6×10^5	1	0.626	
	第一术者位（眼晶体）	/	400	/	0.084	33.6

11.2.2 人员受照剂量估算

1、估算公式

A、控制室工作人员与公众有效剂量估算公式

根据联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）—2000 年报告附录 A，对各点位处公众及职业人员的年有效剂量进行计算。

$$H = H_0 \cdot T \cdot k \cdot t \cdot 10^{-3} \qquad (11\text{-}5)$$

式中：H——X射线外照射有效剂量，mSv/a；

H_0——X 射线束造成的空气比释动能率，μGy/h；

T——人员在关注点位置的居留因子；

k——Sv/Gy 剂量转换系数，根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002），光子的辐射权重因子 WR=1，当量剂量跟吸收剂量在数值上是相等的，即 1Sv 数值上等于 1Gy。

t——X射线年照射时间，h/a。

B、机房内工作人员有效剂量估算公式

根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）中 6.2.4 条款规定，DSA 机房内介入工作人员均佩戴铅围裙内、外两个剂量计，外照射年有效剂量应按下式进行计算：

$$E=\alpha H_u+\beta H_o \qquad (11\text{-}6)$$

式中：E——有效剂量中的外照射分量，单位：mSv；

α——系数，有甲状腺屏蔽时，取 0.79，无屏蔽时，取 0.84；

β——系数，有甲状腺屏蔽时，取 0.051，无屏蔽时，取 0.100；

H_u——铅围裙内佩戴的个人剂量计测得的 Hp（10），单位：mSv；

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 Hp（10），单位：mSv。

C、手部和眼晶体当量剂量估算公式

根据《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ/T 244-2017）、《电离辐射所致眼晶状体剂量估算方法》(GBZ/T 301-2017)和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)，有辐射场空气比释动能率信息时，皮肤当量剂量用公式（11-7）和（11-9）进行估算，眼晶体当量剂量用公式（11-8）和（11-9）进行估算。

$$D_S = C_{KS}(\dot{k}\cdot t)\cdot 10^{-3} \qquad (11\text{-}7)$$

$$D_L = C_{KL}(\dot{k}\cdot t)\cdot 10^{-3} \qquad (11\text{-}8)$$

$$H = D\cdot W_R \qquad (11\text{-}9)$$

式中：D_S——皮肤吸收剂量，mGy；

C_{KS}——空气比释动能到皮肤吸收剂量的转换系数，mGy/mGy。参考 GBZ/T244-2017 附录 A，本项目可近似的视为 AP 入射方式的垂直入射，则透视工况下（80kV）空气比释动能到皮肤吸收剂量的转换系数 C_{KS} 最大为：1.156mGy/mGy；

D_L——眼晶状体吸收剂量，mGy；

C_{KL}——空气比释动能到眼晶状体吸收剂量的转换系数，mGy/mGy。参考 GBZ/T 301-2017 附录 A 中表 A.4，本项目可近似的视为 AP 入射方式的垂直入射，则透视工况下（80kV）空气比释动能到眼晶状体吸收剂量的转换系数 C_{KL} 分别为：前后入射（AP）照射，1.550mGy/mGy；

$\dot{k}$——X、γ 辐射场的空气比释动能率，μGy/h；

t——年照射时间；

H——当量剂量，mSv；

D——皮肤吸收剂量或眼晶体吸收剂量，mGy;

W_R——辐射权重因数，X 射线取 1。

2、居留因子选取

参考《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 1 部分：一般原则》（GBZ/T201.1-2007）中附录 A 表 A.1，本项目不同场所居留因子选取原则见 11-9。

表 11-9　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、有效剂量估算

本项目拟配备手术医生 2 名、护士 2 名、技师 2 名，共 6 名辐射工作人员。6 名辐射工作人员分成 2 组，每组配置 1 名手术医生、1 名护士和 1 名技师。保守预计每年最大工作量为 300 台手术，每台手术由 1 组辐射工作人员完成，每组人员手术台数不大于 150 台。每次手术 DSA 的最大出束时间包括透视 20 分钟、减影 2 分钟。透视工作状况下，4 名辐射工作人员（手术医生和护士）在 DSA 机房内操作，2 名辐射工作人员（技师）在控制室操作；减影工作状况下，6 名辐射工作人员在控制室内操作。DSA 辐射工作人员负荷统计见表 11-10，DSA 机房有效剂量估算结果见表 11-11。

表 11-10　本项目 DSA 辐射工作人员工作负荷

射线装置	全年开展手术量（台）	工作状态	平均每台手术最长出束时间（min）	设备年总出束时间（h）	单个医生年最大受照时间（h）	单个护士年最大受照时间（h）	单个技师年最大受照时间（h）
DSA	300	减影	2	10	5	5	5
		透视	20	100	50	50	50

表 11-11　本项目 DSA 机房年有效剂量估算结果

关注点位	人员类型	工作模式	关注点最大剂量率	铅衣内剂量率	铅衣外剂量率	受照时间	空气比释动能到皮肤吸收剂量的转换系数	空气比释动能到眼晶体吸收剂量的转换系数	W_R	居留因子	有效剂量或当量剂量
			μGy/h			h/a	mGy/mGy				mSv
①观察窗	技师	减影	0.05	/	/	5	/	/	1	1	2.54×10^{-4}
		透视	7.23×10^{-5}	/	/	50	/	/	1	1	
⑤病人通道防护门	公众	减影	0.60	/	/	10	/	/	1	1/4	1.54×10^{-3}
		透视	1.55×10^{-3}	/	/	100	/	/	1	1/4	
⑥谈话室	公众	减影	0.47	/	/	10	/	/	1	1/16	2.99×10^{-4}
		透视	9.15×10^{-4}	/	/	100	/	/	1	1/16	
⑨药库	公众	减影	0.68	/	/	10	/	/	1	1	6.83×10^{-3}
		透视	3.3×10^{-4}	/	/	100	/	/	1	1	
⑩第一术者位	机房内工作人员（身体）	透视	/	10	400	50	/	/	1	1	1.42
		减影	0.05	/	/	5	/	/	1	1	
	机房内工作人员（手部）	透视	1766	/	/	50	1.156	/	1	1	102.07
	机房内工作人员（眼晶体）	透视	33.6	/	/	50	/	1.550	1	1	2.60

综上所述，理论预测下本项目辐射工作人员年有效剂量最大为 1.42mSv，控制室辐射工作人员年有效剂量最大为 2.54×10^{-4}mSv，满足本项目职业人员剂量约束值不超过 5mSv/a 的要求；医生年手部皮肤当量剂量为 102.07mSv，低于本项目目标管理值 125mSv/a 的要求；医生年眼晶体当量剂量为 2.60mSv，低于本项目目标管理值 37.5mSv/a 的要求。DSA 机房外公众年受照剂量最大为 6.83×10^{-3}mSv/a，满足本项目公众人员剂量约束值不超过 0.25mSv/a 的要求。

4、DSA 机房对敏感目标年有效剂量估算

对于敏感目标的辐射环境影响预测计算结果见表 11-12。

表 11-12　DSA 机房对敏感目标所致年受照剂量估算表

序号	预测点处	类型	距离屏蔽体边界最近距离（m）	居留因子	计算参考关注点剂量率*（μGy/h）	年受照剂量（mSv/a）
1	都市花园	公众	+38	1	1.1×10^{-6}	1.1×10^{-7}
2	3 号楼		+14	1	5.4×10^{-6}	5.4×10^{-7}
3	翠苑小区		+35	1	8.7×10^{-7}	8.7×10^{-8}
4	2 号楼		+34	1	1.3×10^{-6}	1.3×10^{-7}
5	6 号楼		+14.5	1	2.0×10^{-5}	2.0×10^{-6}
注：*代表：DSA 机房对敏感目标的有效剂量仅考虑透视工况下，减影工况因其出束时间短忽略，根据剂量率与距离的平方成反比进行推算，年出束时间取 100h。						

综上所述，本项目辐射工作人员年有效剂量最大为 1.42mSv，控制室辐射工作人员年有效剂量最大为 2.54×10^{-4}mSv，满足本项目职业人员剂量约束值不超过 5mSv/a 的要求，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求的工作人员所接受的职业照射水平不应超过 20mSv/a 的剂量限值要求；医生年手部皮肤当量剂量为 102.07mSv，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对职业人员四肢要求的剂量限值 500mSv/a 和本项目目标管理值 125mSv/a 的要求；医生年眼晶体当量剂量为 2.60mSv，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对职业人员眼晶体要求的剂量限值 150mSv/a 和本项目目标管理值 37.5mSv/a 的要求。

DSA 机房外公众年受照剂量最大为 6.83×10^{-3}mSv/a，满足本项目公众人员剂量约束值不超过 0.25mSv/a 的要求，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求的实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过 1mSv/a 的剂量限值要求。

11.2.3 “三废”影响分析

本项目运行过程中无放射性废气、放射性废水和放射性固废产生，“三废”主要为臭氧和氮氧化物等非放射性气体。

本项目 DSA 机房顶部拟安装 1 个吸顶式排风扇，设计排风量大于 1500m^3/h，机房通风设计满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）第 6.4.3 条款规定：“机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风”的标准要求；项目运行后，DSA 设备曝光时产生的臭氧与氮氧化物量很少，废气通过排风管道引至综合楼 5 号楼一层南墙高空排出。臭氧在常温下 20-50 分钟后可自行分解为氧气，对环境影响较小。

11.3 事故影响分析

11.3.1 事故类型

（1）工作人员或病人家属尚未撤离 DSA 机房时误开机，造成滞留人员的误照射；

（2）安全装置发生故障状况下，人员误入正在运行的 DSA 机房而造成误照射；

（3）医用射线装置在检修、维护等过程中，检修、维护人员误操作，造成有关人员误照射；

（4）DSA 的 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 辐射事故防范

为了防止事故的发生，医院在辐射防护设施方面应做好以下工作：

（1）购置工作性能和防护条件均较好的介入诊疗设备；

（2）实施介入诊疗的质量保证；

（3）做好医生的个人防护；

（4）做好病人非投照部位的防护工作；

（5）DSA 安装调试和检修维护人员在工作过程中，应按要求配戴个人剂量计和按要求携带个人剂量报警仪。调试和维修期间，本项目辐射工作人员需将设备的控制权暂时移交给设备厂家工作人员，不参与设备的控制与维修，防止维修期间在 DSA 机房误照射；

（6）定期检查机房的门灯联锁等辐射安全防护措施的正常。

11.3.3 应急处置方案

对于上述可能发生的各种事故，医院方面除了配齐硬件、完善各种防范措施外，在软件设施上也注意了建设、补充和完善，使之在安全工作中发挥约束和规范作用，其主要内容有：

（1）建立全院辐射安全防护小组，组织管理医院的安全工作。

（2）建立岗位的安全操作规程和安全规章制度，注意检查考核，认真贯彻实施。

（3）制定全院重大事故处理预案，完善组织、落实经费、准备物资、加强演练，时刻准备应对可能发生的各种事故和突发事件。

以上各种事故的防范与对策措施，可减少或避免放射性事故的发生率，从而保证项目正常运营，也保障工作人员、公众的健康与安全。

当发生或发现辐射事故，当事人应立即向医院的辐射安全负责人和法定代表人报告。当事故发生时，医院应立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要防范措施，并填写《辐射事故初始报告表》，向生态环境主管部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向卫生主管部门报告。

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》等有关法律法规，使用 II、III 类 X 射线装置的单位应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，专职负责辐射安全与环境保护管理工作；辐射工作人员必须通过生态环境部在线培训平台培训，经培训合格后方可上岗。

建设单位已成立辐射安全与环境保护管理领导小组，并明确了相关职责，小组成员大部分为本科以上学历，其人员设置满足辐射安全与环境保护管理工作要求。

辐射工作管理领导小组的主要职责：具体负责医院放射防护安全的日常管理，制定和实施放射防护管理制度，组织放射工作人员的放射防护法规和知识培训、职业健康检查和个人剂量监测，放射设备的使用登记和维护工作等，发生放射事件及时报告管理小组组长和副组长，并采取相应措施确保放射工作的安全。

本项目建成后，医院的科室、人员均会有一定调整，要求医院根据人事变动情况及时调整，明确人员职责，指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并应以文件形式明确各成员管理职责。

12.1.2 辐射人员管理

（1）根据生态环境部《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）的相关要求，自 2020 年 1 月 1 日起，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过生态环境部培训平台（http:/fushe.mee.gov.cn）报名并参加考核。2020 年 1 月 1 日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效。

（2）辐射工作人员应配备个人剂量计，每三个月委托有资质单位进行个人剂量检测，并建立个人剂量档案；应进行岗前、在岗期间和离岗职业健康检查，在岗期间每一年或两年委托相关资质单位对辐射工作人员进行职业健康检查，建立完整的职业健康档案；个人剂量档案和职业健康档案应终生保存。

（3）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。

（4）根据《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》（浙环函［2019］248 号），各单位对辐射工作人员的辐射安全与防护培训或放射诊疗培训互相认

可，无需重复培训。

医院现有约 22 名放射工作人员，按规定参加了辐射（放射）培训、个人剂量监测和职业健康体检工作，并按要求建立了培训档案、职业健康档案、个人剂量监测档案。本项目拟配备 6 名辐射工作人员，为医院新聘人员，医院应及时安排新增人员参加培训、岗前体检和个人剂量监测工作。

12.1.3 年度评估报告

根据医院提供的资料，医院已按要求编写了辐射安全与防护状况评估报告，每年定期上报至发证机关。

本项目 DSA 正式开展后，医院应将本项目射线装置纳入辐射安全与防护评估报告，定期上报至发证机关。

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和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》与《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等有关要求，使用射线装置的单位要健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、射线装置使用登记制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急措施。

12.2.1 现有规章制度及完善性分析

医院已制定《辐射防护和安全管理制度》、《辐射防护和安全保卫制度》、《放射科影像质量控制方案》、《电离辐射危害告知》、《放射影像设备维护保养制度》、《设备检修维护和使用登记制度》、《岗位职责》、《放射事件应急预案》、《放射科诊疗安全防护管理制度》、《放射辐射安全管理制度》、《放射工作场所防护监测制度》、《放射工作人员职业健康管理制度》、《放射工作人员放射防护培训制度》等规章制度，内容健全完善且合理规范，并在相关辐射工作场所张贴上墙，可以满足现有核技术利用项目的管理需要。

12.2.2 本项目规章制度要求

本次新增 1 台 DSA，医院应结合本次评价的辐射设备特点，对原有辐射安全管理制度进行补充、完善，使之切实可又符合相关管理规定，并付诸严格执行。

拟完善、补充的内容如下：

①DSA 安全操作规程；

②DSA 辐射工作人员岗位职责；

③DSA 使用登记和管理台账；

④DSA 工作场所的监测方案纳入原有监测制度；

⑤DSA 工作场所的风险内容及应急措施纳入原有放射事件应急预案。

医院根据国家发布新的相关法规内容，结合医院实际的情况，制定《DSA 安全操作规程》、《DSA 辐射工作人员岗位职责》、《DSA 使用登记和管理台账》等制度和对原有的规章制度进行修订，将 DSA 工作场所的监测方案纳入原有监测制度和 DSA 工作场所的风险内容及应急措施纳入原有放射事件应急预案，符合相应环保要求。

医院所有相关制度应以医院正式文件形式制定，并将各项管理制度、操作规程等悬挂于辐射工作场所。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，尺寸大小应不小于 400mm×600mm。

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》，建设单位应为本项目配备 1 台辐射巡测仪，本项目每位手术医生、护士配备 2 枚个人剂量计，技师配备 1 枚个人剂量计，并建立个人剂量档案。

12.3.2 监测计划

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定，使用放射性同位素与射线装置的单位须当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托有资质的环境监测机构进行监测。

医院可委托有资质的单位，定期（每年 1 次）对辐射工作场所周围环境进行辐射监测，监测数据每年年底须向生态环境部门上报备案。监测计划见表 12-1。

表 12-1　工作场所年度监测和日常监测计划一览表

监测类别	工作场所	监测因子	监测频度	监测设备	监测范围	监测类型
年度监测	DSA 机房	周围剂量当量率	1 次/年	按照国家规定进行计量检定	防护门外、门缝、控制室、各侧屏蔽墙外 30cm 处、管孔穿墙处，机房楼上离地 100cm 处，周围需要关注的监督区	委托监测
日常监测	DSA 机房	周围剂量当量率	1 次/季度	按照国家规定进行	防护门外、门缝、控制室、各侧屏蔽墙外 30cm 处、管孔穿墙处，机房楼上离地 100cm 处，周围需要关注的监督区	自行监测
验收监测	DSA 机房	周围剂量当量率	项目完成 3 个月内	按照国家规定进行	防护门外、门缝、控制室、各侧屏蔽墙外 30cm 处、管孔穿墙处，机房楼上离地 100cm 处，周围需要关注的监督区	委托监测

个人剂量检测	/	个人剂量当量	不超过3个月	个人剂量计	所有辐射工作人员	委托监测

建设单位拟将 DSA 工作场所的监测方案纳入原有监测制度，并将每次监测结果记录存档备查。

12.4 辐射事故应急

医院目前已制定《放射事件应急预案》，设置了应急组织机构，规定了应急组织机构成员及职责、辐射事故应急处理物资与设备、事件现场应急处置流程、辐射事故的报告程序、应急联系电话等内容，以上部分符合国家相关法律法规的要求。本评价根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》及《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》有关规定，建议医院对现有事故应急预案进行修订完善，增加辐射事故等级划分及适用范围，一旦发生辐射事故，立即启动应急预案，采取必要的防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，由辐射事故应急处理领导小组上报当地生态环境主管部门及省级生态环境主管部门；同时上报公安部门，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。并及时组织专业技术人员排除事故。配合各相关部门做好辐射事故调查工作。

12.5 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》第十六条规定，使用放射性同位素、辐射装置单位应具备相应的条件，本项目从事辐射活动能力评价详见表 12-2。

表 12-2　本项目从事辐射活动能力评价

应具备条件	落实情况
（一）使用I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	建设单位已成立辐射安全与环境保护管理领导小组，并明确了相关职责。
（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	医院现有 22 名辐射工作人员，参加了放射防护培训并考核合格，医院拟及时组织新增辐射工作人员到生态环境部培训平台报名并参加考核，考核合格方可上岗，并按照要求每五年参加一次培训。
（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	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	本项目拟按设计要求建设专用机房，拟设置门灯联锁、急停开关、对讲系统、工作警示灯及电离辐射警告标志等辐射防护措施。
（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	医院拟配备 1 台 X-γ 辐射检测仪，根据相关要求及工作实际需要拟配备工作人员使用的铅衣等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。
（六）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	已制订或需新增完善。
（七）有完善的辐射事故应急措施	已制订，需完善。
（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	不涉及。

综上所述，德清县中医院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基本符合相应法律法规的要求。

12.6 竣工验收

医院应根据项目的开展情况，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）的相关要求，对配套建设的环境保护设施进行验收，自行或委托有能力的技术机构编制验收报告，并组织由设计单位、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 12-3 “三同时”验收一览表

项目	“三同时”措施	验收要求
辐射安全管理机构	设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者指派 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。	建设单位按规定已成立辐射安全与环境保护管理领导小组，并以文件形式明确了管理小组的工作职责。

辐射安全和防护措施	**DSA 机房墙体屏蔽措施：**DSA 机房四侧墙体采用 24cm 实心砖+3.0cm 硫酸钡防护涂料，顶棚采用 15cm 混凝土+3mm 铅板，防护门采用符合屏蔽要求厚度的铅防护门，工作人员、病人通道和污物通道防护门防护当量为 3.0mmPb，观察窗采用 4.0mmpb 铅玻璃。	满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求（具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h），本项目职业人员年有效剂量不超过 5mSv，其中四肢（手和足）或皮肤的当量剂量不超过 125mSv，眼晶体年当量剂量不超过 37.5mSv。公众人员年有效剂量不超过 0.25mSv。
	本项目 DSA 机房拟设置门灯联锁、自动闭门装置、急停按钮、监控装置与对讲系统、辐射监测装置等多项安全防护措施，机房防护门出入口拟设计电离辐射警告标志等。手术医生、护士配备 2 枚个人剂量计，技师配备 1 枚个人剂量计。	满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。
人员配备	本项目 6 名辐射工作人员拟到生态环境部培训平台报名并参加考核，考核合格方可上岗，并按照要求每五年参加一次培训。	满足《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）的要求。
	本项目 6 名辐射工作人员拟配置个人剂量计，个人剂量计监测周期一般为一个月，最长为一个季度，并建立个人剂量监测档案。	满足《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）的要求。
	本项目 6 名辐射工作人员拟进行岗前职业健康检查，并建立个人健康档案。	满足《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许可管理办法》中的有关要求。
监测仪器和防护用品	本项目拟配备辐射巡测仪。每名辐射工作人员应配置 1 枚个人剂量计（机房内每名辐射工作人员应配备 2 枚），拟配置的防护用品见表 10-5。	满足《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）的要求。
辐射安全管理制度	建设单位已制定了一系列辐射安全管理制度，包括《辐射防护和安全管理制度》、《辐射防护和安全保卫制度》、《放射科影像质量控制方案》、《电离辐射危害告知》、《放射影像设备维护保养制度》、《设备检修维护和使用登记制度》、《岗位职责》、《放射事件应急预案》、《放射科诊疗安全防护管理制度》、《放射辐射安全管理制度》、《放射工作场所防护监测制度》、《放射工作人员职业健康管理制度》、《放射工作人员放射防护培训制度》等，应结合本次评价的辐射设备特点，对原有辐射安全管理制度进行补充、完善。	满足《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许可管理办法》中的有关要求，使用射线装置的单位要健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、台账登记制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急方案。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 辐射安全与防护分析结论

（1）项目概况

医院拟于综合楼 5 号楼 1 层利用原输液大厅、杂物间和储藏室等建设 1 间 DSA 机房及配套用房，机房内新增 1 台 DSA 射线装置，其最大管电压为 150kV，最大管电流为 1000mA，主束由下朝上，属于II类射线装置。

（2）项目位置

本项目 DSA 机房拟建于医院综合楼 5 号楼 1 层，综合楼 5 号楼东侧隔院外道路为都市花园小区，距离 DSA 机房约 38m；南侧隔院内道路为 3 号楼，隔院外道路为翠苑小区，分别距离 DSA 机房约 14m、35m；西侧隔院内道路为 2 号楼，距离 DSA 机房约 34m；北侧隔院内道路为 6 号楼，距离 DSA 机房约 14.5m。

DSA 机房东侧为控制室，南侧为无菌物品室和医生通道，西侧为过道和等候区，北侧为谈话室、污物间、设备间，机房正上方为药库，无地下建筑。DSA 机房平面布置图见附图 3。

（3）项目分区及布局

建设单位拟将 DSA 机房内区域划定为控制区，在正常工作过程中，控制区内不得有无关人员进入。将控制室、无菌物品室和医生通道、过道和等候区、谈话室、污物间、设备间划为监督区，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，监督区内不得有无关人员滞留。由上述可知，本项目分区符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的规定。

（4）辐射安全防护措施结论

DSA 机房四侧墙体采用 24cm 实心砖+3.0cm 硫酸钡防护涂料，顶棚采用 15cm 混凝土+3mm 铅板，防护门采用符合屏蔽要求厚度的铅防护门，工作人员、病人通道和污物通道防护门防护当量为 3.0mmPb，观察窗采用 4.0mmpb 铅玻璃。

机房防护门上方均拟设置工作状态指示灯、电离辐射警告标识和文字说明，且拟设置门灯联锁装置。控制室拟设对讲系统等装置。拟配备相应的铅衣、铅围脖等个人防护用品，为辐射工作人员配备了个人剂量计等；定期对辐射工作人员开展个人剂量监测和职业健康检查监护。

在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全措施能够满足辐射安全要求。

（5）辐射安全管理结论

医院已成立了辐射安全与环境保护管理领导小组、明确了相关职责，并将加强监督管理，医院已制定了包括《辐射防护和安全保卫制度》在内的一系列管理制度，并适时进行修订、完善。医院应根据本单位项目开展的情况，不断对各项管理制度进行调整、补充和完善，并在以后的实际工作中严格落实执行；现有 22 名辐射工作人员，全部参加了辐射安全防护培训或放射诊疗培训并考核合格，且均在有效期内，本项目辐射工作人员为新聘人员。建设单位已委托有资质的单位对本项目辐射工作人员进行个人剂量监测及职业健康检查，建立个人剂量监测档案和职业健康监护档案。建设单位拟定期（不少于 1 次/年）请有资质的单位对辐射工作场所和周围环境的辐射水平进行监测。

建设单位成立了辐射安全与环境保护管理领导小组、建立健全相应的辐射管理制度和操作规程后，能够具备从事辐射活动的能力。本项目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。

13.1.2 环境影响分析结论

（1）辐射剂量率影响预测结论

经计算分析，本项目正常运行时满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求的 X 射线设备机房屏蔽体外表面 30cm 处的辐射剂量率不大于 2.5μSv/h 的要求，对周围辐射环境影响在可接受范围内。

（2）个人剂量影响预测结论

本项目辐射工作人员年有效剂量最大为 1.42mSv，控制室辐射工作人员年有效剂量最大为 2.54×10^{-4}mSv，满足本项目职业人员剂量约束值不超过 5mSv/a 的要求，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求的工作人员所接受的职业照射水平不应超过 20mSv/a 的剂量限值要求；医生年手部皮肤当量剂量为 102.07mSv，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对职业人员四肢要求的剂量限值 500mSv/a 和本项目目标管理值 125mSv/a 的要求；医生年眼晶体当量剂量为 2.60mSv，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对职业人员眼晶体要求的剂量限值 150mSv/a 和本项目目标管理值 37.5mSv/a 的要求。

DSA 机房外公众年受照剂量最大为 6.83×10^{-3}mSv/a，满足本项目公众人员剂量约束值不超过 0.25mSv/a 的要求，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求的

实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过 1mSv/a 的剂量限值要求。

（3）非辐射环境影响分析结论

本项目 DSA 机房顶部拟安装 1 个吸顶式排风扇，设计排风量大于 1500m^3/h，机房通风设计满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）第 6.4.3 条款规定：“机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风”的标准要求；项目运行后，DSA 设备曝光时产生的臭氧与氮氧化物量很少，废气通过排风管道引至综合楼 5 号楼一层南墙高空排出。臭氧在常温下 20-50 分钟后可自行分解为氧气，对环境影响较小。

13.1.3 可行性分析结论

（1）产业政策符合性分析结论

对照国家发展和改革委员会第 29 号令《产业结构调整指导目录（2019 年本）》和国家发展和改革委员会第 49 号令《关于修改<产业结构调整指导目录（2019 年本）>的决定》，本项目属于第十三项“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。

（2）实践正当性分析结论

医院实施本项目，目的在于开展放射诊疗工作，最终是为了治病救人，其获得的利益远大于辐射所造成的损害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”的要求。

（3）选址合理性分析

本项目位于德清县武康镇群益街 383 号，辐射工作场所边界外 50m 评价范围内主要为医院内部建筑物、道路、居民区，不涉及生态保护红线、优先保护单元；环境影响预测分析表明，在严格执行本评价中提出的辐射管理和辐射防护措施前提下，本项目的开展对周围环境与公众造成的辐射影响在可接受范围内，故本项目的选址是合理的。

（4）项目可行性

综上所述，本项目选址合理，该项目在落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后，建设单位将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和具备相应的辐射安全防护措施，其运行对周围环境产生的影响能够符合辐射环境保护的要求，从辐射环境保护角度论证，该项目的建设和运行是可行的。

13.2 建议与承诺

13.2.1 建议

医院应加强辐射安全教育培训，提高职业工作人员对辐射防护的理解和执行辐射防护措施的自觉性，杜绝放射性事故的发生。

13.2.2 承诺

（1）医院在本项目取得批复后，承诺及时向生态环境主管部门重新申领辐射安全许可证。

（2）医院承诺在本项目 DSA 装置正式运行前根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4 号），在规定的验收期限内（一般不超过 3 个月），对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告。

（3）医院承诺按照国家相关法律法规及本报告的要求，补充更新《放射性事故应急预案》及辐射安全管理规章制度。

（4）医院承诺本项目新增辐射工作人员应在生态环境部辐射安全与防护培训平台参加培训，经考核合格后方可上岗，并按时接受再培训。新增辐射工作人员均配备个人剂量仪，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；新增辐射工作人员进行岗前、在岗期间和离岗职业健康检查，每两年委托相关资质单位对放射工作人员进行职业健康检查，建立职业健康档案。

表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见： 公　章 经办人（签字）：　　年　　月　　日
审批意见： 公　章 经办人（签字）：　　年　　月　　日