核技术利用建设项目

昆山宗仁卿纪念医院有限公司
新增 1 台 DSA 装置应用项目
环境影响报告表

昆山宗仁卿纪念医院有限公司

2025 年 6 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

昆山宗仁卿纪念医院有限公司
新增 1 台 DSA 装置应用项目
环境影响报告表

建设单位名称：昆山宗仁卿纪念医院有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：江苏省昆山市前进东路 999 号

邮政编码：215300　　联系人

电子邮箱：　　联系电话：

环境影响评价工程师

Environmental Impact Assessment Engineer

本证书由中华人民共和国人力资源和社会保障部、环境保护部批准颁发，表明持证人通过国家统一组织的考试，具有环境影响评价工程师的职业水平和能力。



姓　　名：赵琰琰

证件号码：

性　　别：女

出生年月：1987年07月

批准日期：2017年05月21日

管 理 号：20170353503520153510020004O4

中华人民共和国人力资源和社会保障部

中华人民共和国环境保护部

202505069326586693

广东省社会保险个人参保证明

该参保人在广州市参加社会保险情况如下：

姓名	赵琰琰		证件号码			
参保险种情况						
参保起止时间			单位	参保险种		
				养老	工伤	失业
202209	-	202504	广州市:广州南方医疗设备综合检测有限责任公司	32	32	32
截止			2025-05-06 14:25 ，该参保人累计月数合计	实际缴费32个月，缓缴0个月	实际缴费32个月，缓缴0个月	实际缴费32个月，缓缴0个月

网办业务专用章

备注：

本《参保证明》标注的“缓缴”是指：《转发人力资源社会保障部办公厅 国家税务总局办公厅关于特困行业阶段性实施缓缴企业社会保险费政策的通知》（粤人社规〔2022〕11号）、《广东省人力资源和社会保障厅 广东省发展和改革委员会 广东省财政厅 国家税务总局广东省税务局关于实施扩大阶段性缓缴社会保险费政策实施范围等政策的通知》（粤人社规〔2022〕15号）等文件实施范围内的企业申请缓缴三项社保费单位缴费部分。

证明机构名称（证明专用章） 证明时间 2025-05-06 14:25

本文件由全国社保卡服务平台提供，任何第三方机构不得对数据进行二次加工、处理、解析或以任何形式用于商业用途，否则将追究法律责任。(202505061425-9200000021)

目　录

表 1 项目基本情况 ..... - 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 ..... - 22 -
表 9 工程分析与源项 ..... - 28 -
表 10 辐射安全与防护 ..... - 36 -
表 11 环境影响分析 ..... - 46 -
表 12 辐射安全管理 ..... - 63 -
表 13 结论与建议 ..... - 70 -
表 14 审批 ..... - 75 -

附图

附图 1：地理位置图

附图 2：医院总平面布局图

附图 3：周围环境示意图

附图 4：医疗综合大楼一层平面布局图及本项目所在区域位置图

附图 5：DSA 机房改造前后区域平面布局图

附图 6：DSA 机房平面布局图

附图 7：DSA 机房楼上所在区域平面布局图

附图 8：DSA 机房楼下所在区域平面布局图

附图 9：本项目与江苏省生态空间保护区域位置关系示意图

附图 10：本项目与昆山市生态空间保护区域位置关系示意图

附件

附件 1：项目委托书

附件 2：射线装置使用承诺书

附件 3：本项目屏蔽设计说明

附件 4：本项目辐射环境现状监测报告

附件 5：医院辐射安全许可证

附件 6：医院辐射工作人员个人剂量检测报告

附件 7：医院辐射工作人员辐射防护培训证书及合格证明

附件 8：辐射安全管理机构、管理制度、应急预案

附件 9：项目编制主持人现场踏勘照片

表 1 项目基本情况

<table>
<tr><td colspan="2">建设项目名称</td><td colspan="6">昆山宗仁卿纪念医院有限公司新增 1 台 DSA 装置应用项目</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设单位</td><td colspan="6">昆山宗仁卿纪念医院有限公司</td></tr>
<tr><td colspan="2">法人代表</td><td></td><td>联系人</td><td></td><td>联系电话</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">注册地址</td><td colspan="6">江苏省昆山市前进东路 999 号</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目建设地点</td><td colspan="6">江苏省昆山市前进东路 999 号昆山宗仁卿纪念医院有限公司医疗综合大楼一层 DSA 机房</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="3">/</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设项目总投资（万元）</td><td></td><td>项目环保投资（万元）</td><td></td><td>投资比例（环保投资/总投资）</td><td colspan="2"></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 colspan="2">/</td></tr>
<tr><td rowspan="10">应用类型</td><td rowspan="2">放射源</td><td>☐销售</td><td colspan="5">☐I 类☐II 类☐III 类☐IV 类☐V 类</td></tr>
<tr><td>☐使用</td><td colspan="5">☐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="5">☐制备 PET 用放射性药物</td></tr>
<tr><td>☐销售</td><td colspan="5">/</td></tr>
<tr><td>☐使用</td><td colspan="5">☐乙☐丙</td></tr>
<tr><td rowspan="3">射线装置</td><td>☐生产</td><td colspan="5">☐II 类☐III 类</td></tr>
<tr><td>☐销售</td><td colspan="5">☐II 类☐III 类</td></tr>
<tr><td>☑使用</td><td colspan="5">☑II 类☐III 类</td></tr>
<tr><td>其他</td><td colspan="6">/</td></tr>
</table>

项目概述

1 建设单位基本情况、项目建设规模及任务由来

昆山宗仁卿纪念医院由台湾六和集团董事长宗成志夫妇投资兴建，坐落于全国百强县之首昆山市区黄金路段，是国内第一家外商投资的二级甲等医院，也是目前昆山市唯一一家具有台湾特色的二级甲等医院。医院总占地面积 100 亩，一

期建成医疗大楼建筑面积 6.68 万平方米，培训大楼及员工宿舍 2.1 万平方米；其中门诊总面积 1.33 万平方米，住院建筑面积 2.01 万平方米。医院现有在职职工 600 多人，核定床位 1500 床，目前开放床位 400 床。全院采用信息化系统经营管理，拥有业内先进的医疗设备。目前医院拥有先进的西门子医疗设备如飞利浦 3.0T（核磁）、飞利浦 128 排(CT)、64 排断层摄影机(CT)、双平板血管造影系统(DSA)、1. 5I 核磁共振扫描仪(IRI) 、体外震波碎石机、数字化高档彩色多普勒超声诊断仪等。

为提升医院服务水平，扩展医疗服务项目，昆山宗仁卿纪念医院有限公司拟在医疗综合大楼南入口处西侧楼内一层闲置用房区域改造为一间数字减影血管造影机（以下简称 DSA 装置）机房及配套区域，并新增 1 台 DSA 装置，厂家型号为东软 NeuAngio 30F，单球管，最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA，属于 II 类射线装置。本项目中 DSA 装置的应用目的和任务是：用于全身血管疾病检查，可消除其余影像，清晰地显示血管的精细解剖结构并辅助介入治疗。

本项目投入运行后，本项目拟配备 10 人辐射工作人员，其中手术医生 6 人，护士 3 人，技师 1 人。建设单位新增 1 台 DSA 装置应用项目情况见下表：

表 1-1　本项目主要设备配置及主要技术参数

设备名称	厂家型号	类别	数量	最大管电压（kV）	最大管电流（mA）	用途	工作场所	来源
DSA 装置	东软 NeuAngio 30F	II类	1	125	1000	介入诊断和治疗	医疗综合大楼一层 DSA 机房内	新购

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，项目建设单位在申请《辐射安全许可证》前，应组织编制或者填报环境影响评价文件，并依照国家规定程序报生态环境主管部门审批。

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），该设备属于血管造影用X射线装置的分类范围，应为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编制环境影响报告表。因此，建设

单位委托广州南方医疗设备综合检测有限责任公司开展昆山宗仁卿纪念医院有限公司新增1台DSA装置应用项目环境影响报告表的编制工作，委托书见附件1。

在接受委托后，评价单位对本项目进行现场调查，继而在查阅设计资料的基础上，结合本项目的辐射危害特征，从辐射防护的角度论证项目的可行性，按照《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的要求，编制完成了本环境影响报告表。

2 项目地理位置和周边保护目标关系

昆山宗仁卿纪念医院有限公司位于江苏省昆山市前进东路999号，西面为樾河北路，南面为震川高级中学和文峰园小区，东面为顺帆北路，北面为前进东路。建设项目地理位置详见附图1。

本项目 DSA 装置拟设置于昆山宗仁卿纪念医院有限公司医疗综合大楼一层 DSA 机房内，医疗综合大楼位于院内中间区域，东侧为医院二期项目、地面停车场和院内道路等，北侧为门诊入口、院内道路、广场和绿化，西侧为院内道路、地面停车场和锅炉房，南侧为室外走廊和景观绿化、院内道路和医院围墙，围墙外为震川高级中学。医院总平面布局示意图见附图 2。

DSA 机房东侧为医疗综合大楼南入口室外走廊和景观绿化，北侧为本项目准备区和污物间，西侧为走廊，南侧为本项目控制室和设备间，正上方为二层超声、心电检查区，正下方为负一层空调机房；机房四周屏蔽体采用轻钢龙骨+4mm 铅板，地板采用 120mm 混凝土楼板+3mmPb 硫酸钡水泥，顶板采用 120mm 混凝土楼板+2mm 铅板，观察窗和防护门均为 4mm 铅当量。该项目 DSA 设备用于介入治疗及影像诊断，技师在控制室通过观察窗隔室操作，介入治疗时，相关医师在床边进行同室近台操作；设备曝光时，护士等其他人员均不在机房内滞留。本项目 DSA 机房平面布置图详见附图 6。

以 DSA 机房为中心，项目 50m 评价范围包括医疗综合大楼及其南侧、西侧院内道路和绿化空地，以及南侧院外的震川高级中学。

3 原有核技术应用项目许可情况

昆山宗仁卿纪念医院有限公司于 2024 年 1 月 2 日申请获得辐射安全许可证

延续，发证单位为苏州市生态环境局，证书编号为苏环辐证[E1101]，有效期至2029年1月1日，活动种类和范围为：使用II类、III类射线装置。医院原有核技术利用项目均已履行环保手续，现有核技术应用项目许可情况详见表1-2。

表1-2 现有射线装置许可情况

序号	设备名称	型号	类别	许可情况
1	DR多功能拍片机	AXIOM Multix MT	III类	已许可，苏环辐证[E1101]
2	多层螺旋CT	Sensation 64	III类	
3	多功能DR	Aristos VX	III类	
4	数字胃肠机	ICONOS R-200	III类	
5	移动拍片机	POLYMOBIL PLUS	III类	
6	移动式C臂机	SIREMOBIL Compact	III类	
7	血管造影X射线装置	AXIOM Artis dbc	II类	
8	口腔X射线机	Orthophos XG3D Ceph	III类	
9	牙科X射线机	RAY68W	III类	
10	X射线计算机断层摄影设备	NeuViz ACE SP	III类	
11	X射线计算机体层摄影设备	Philips CT 6000	III类	
12	双能X射线骨密度仪	Horizon-Wi	III类	
13	车载数字化X射线机	XH40M-I	III类	

4 辐射安全管理现状、不足和改进建议

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，积极配合各级生态环境主管部门监督和指导。医院现有辐射防护设施运行、维护、检测工作良好，建立并落实了辐射安全和防护制度，档案管理完整。

（1）辐射安全与环境保护管理机构

医院已成立了专门的辐射安全与环境保护管理机构，成立了辐射安全与防护管理委员会，指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以文件形式明确了各成员管理职责。

（2）辐射安全管理规章制度

医院原已开展核技术利用项目，已制定有《医用X线射线辐射防护安全操作规程》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射防护与安全保卫制度》、《设备检修维护制度》、《射线装置台账管理制度》、《人员培训计划》、《个人剂量监测方案》、《辐射环境监测方案》、《辐射安全事故应急预案》、《血管造影机（DSA）操作规程》等规章制度，各项制度较完善，能够满足目前医院核技术利用项目开展的需要。

（3）现有辐射工作人员情况

医院现有辐射工作人员30余人，均参加辐射安全与防护知识学习与考核，考核合格。辐射工作人员均配备个人剂量计，辐射工作期间，要求辐射工作人员佩戴个人剂量计。所有辐射工作人员接受剂量监测，建立个人剂量档案并存档，个人剂量计每三个月送检一次，严格按照辐射监测计划对现有核技术利用项目场所进行常规监测，以保护辐射工作人员和控制辐射对周围环境的影响。根据医院提供的近一年度（2024年1月-2024年12月）的个人剂量检测报告结果可知，医院辐射工作人员最近4个季度的个人剂量年累积剂量符合《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要求，也低于剂量约束值5mSv/a。

（4）年度评估

医院定期委托有资质单位对医院的辐射工作场所进行监测，并编制2024年的年度评估报告，于2025年1月31日前向发证机关提交上一年度的评估报告，满足环保相关管理要求。

（5）辐射防护情况

根据医院提供的年度评估资料和现场踏勘情况，得出以下结论：

1）屏蔽防护：现有核技术利用涉及工作场所、机房屏蔽防护措施均满足相关标准要求；射线装置机房设置了铅玻璃观察窗，能清楚观察到机房内情况；操作间和机房间设置对讲装置，方便医务人员和受检者沟通；机房周围辐射环境水平符合相关标准规定的要求。

2）警示标志：防护门上方有工作状态指示灯，防护门上粘贴有电离辐射警示标志。

3）设置有机房机械通风装置。

4）为现有辐射工作人员配备相应的铅衣、铅橡胶帽、铅围脖、铅围裙、铅眼镜、铅手套等防护用品。

综上所述，医院遵守了《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》等相关放射性法律、法规，辐射防护设施运行、维护、检测工作良好，规章制度建立完善，相关措施落实、执行情况在不断完善中，辐射安全管理现状较为良好，采取的日常安全管理措施有效可行，上述管理制度能满足医院目前的辐射工作，现有的辐射安全与环境保护管理机构能有效的对项目进行监管。医院在日常工作中应进一步加强辐射安全管理，关注国家法律、法规等现行要求的修改或修订，及时更新并完善各项规章制度，加强档案管理。

医院已开展 DSA 介入诊疗多年，相关辐射安全管理规章制度较完善，整体可行，仍需完善相关制度和改进的建议：

1）辐射防护和安全保卫制度：定期对辐射防护与安全保卫相关的用品、仪器进行检查，发现问题及时修理或更换，确保辐射安全装置、个人剂量报警仪、环境辐射剂量监测仪保持良好工作状态。

2）操作规程：进一步明确辐射工作人员的资质条件要求、操作过程中采取的具体防护措施及步骤，重点是工作时必须佩戴个人剂量计和剂量报警仪或检测仪器，避免事故发生。

3）岗位职责：进一步明确辐射工作人员的岗位责任，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，并层层落实。

4）设备检修维护制度：进一步加强对日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，确保辐射安全装置有效运转；重点是辐射安全联锁装置、剂量报警仪或检测仪器等必须保持良好工作状态。

5）射线装置使用登记制度：进一步加强射线装置使用登记制度，明确了射线装置的购买、使用等由专人负责登记、专人形成台账，确保账物相符。

6）人员培训计划：加强新增辐射工作人员的考核工作，确保考核通过后方能开展辐射工作，辐射安全培训合格证书快到期人员应当及时通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名，重新学习并通过相应考核后，方能继续从事辐射工作。

7）个人剂量监测方案和职业健康管理：进一步加强辐射工作人员开展辐射工作时佩戴个人剂量计的硬性要求，定期进行职业健康体检的周期，完善个人累积剂量和职业健康体检档案。

8）辐射环境监测方案：落实辐射监测计划，明确日常工作的监测项目和监测频次，每年对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前在全国核技术利用辐射安全申报系统上提交上一年度的评估报告。

9）事故应急方案：医院应明确预防事故的措施、辐射事故应急处理措施，明确辐射事故的报告和善后处理内容、应急值班电话等内容，并对应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备以及辐射事故发生的可能、分级及应急响应措施等方面做出规定，开展应急演练，加强应急预案的可操作性。

5 本项目与原有项目的依托关系

本项目与原有项目依托关系及可行性分析详见表 1-3。

表1-3 本项目与原有项目依托关系表

依托工程		可行性分析
主体工程		本项目拟位于医疗综合大楼内，DSA 机房由一层闲置用房区域改建，项目建设不影响医院整体的布局与运营。因此，项目主体建筑结构依托可行。
辅助工程		本项目需要医疗综合大楼一层闲置用房区域进行改建，拆除部分墙体，重新布局，新设控制室、设备间等配套用房和区域，本项目建成后依托以上配套辅助功能用房可行。
公用工程	给水	医院由市政供水管网供给，本项目位于医院内，依托院内供水管网供水。因此，本项目给水依托可行。
	排水	医院实行雨污分流。雨水排入市政雨水管网；医疗废水经医院污水处理站处理达标后排入市政污水管网。因此，本项目排水依托可行。
	供配电	医院用电由市政电网引入，依托医院供配电系统。同时设置 1 台柴油发电机，解决停电时临时需要。因此，本项目供配电依托可行。
环保工	废水	本项目共配备 10 名辐射工作人员，部分为现有介入辐射工作人员调配，部分为新增。新增人员较少，项目所在医疗综合大楼产生的废水依托医院的污水管网收集至医院污水处理站，处理达《医疗机构水污染物排放标准》

程		（GB18466-2005）预处理排放标准后接入市政污水管网。本项目在污水处理站的接纳范围，因此，本项目废水处理依托可行。
	废气	本项目 DSA 机房均采用机械通排风系统对机房通风换气，排风口拟布置在吊顶上方，废气经排风管道引至同层楼面室外排放。
	固废	介入手术过程中产生的医疗废物及时收集清理，并采取消毒措施，统一运至医院医疗废物贮存点，医院已与有资质的单位签订医疗废物处理合同，医疗废物定期交有资质的单位处理。医院医疗废物贮存点尚有多余空间，且已按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）要求做好分区、防渗等措施，本项目相较全院而言未新增医疗废物种类，全院医疗废物进行统一暂存、周转，可满足本项目暂存需求；医院产生的生活垃圾，分类收集后，暂存于医院生活垃圾暂存处，交由市政环卫部门统一收运处理。因此，本项目固废处理依托可行。
辐射工作人员		本项目共配备 10 名辐射工作人员，包括 6 名介入手术医生、3 名护士、1 名放射技师，其中部分为现有介入辐射工作人员调配，部分为新增。每组介入手术人员由 2 名介入手术医生和 1 名手术护士组成，年手术量 200 台。除此之外，介入手术医生和护士可能还负责医院现有 DSA 的介入手术，但每名介入手术医生和护士年总手术量不超过 300 台。医院现有辐射工作人员和拟新增辐射工作人员中包含了放射技师、手术医生、护士等，依托可行。
辐射安全管理		医院已成立了辐射安全与防护管理委员会和放射事故应急处理领导工作小组，并制定了相应的辐射安全管理制度和应急预案等，辐射安全管理依托可行。

根据上表可知，本项目依托医院主体结构、辅助工程、公用工程、环保工程、辐射工作人员和辐射安全管理是可行的。

6 医疗实践正当性分析

本项目在运行期间将会产生电离辐射，有可能会增加拟建址周围的辐射水平，但采取各种屏蔽措施和管理措施后可得到有效的控制，其对周围环境的辐射影响能够满足标准要求。本项目的建设将满足医院的医疗需求，创造更大的经济效益和社会效益，在落实辐射安全与防护管理措施后，其带来的效益远大于可能对环境造成的影响，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871 2002）实践的正当性的原则。

7 “三线一单”相符性分析

本项目评价范围内不涉及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区。对照《江苏省国家级生态保护红线规划》（苏政发〔2018〕74 号）、《江苏省生态空间管控区域规划》（苏政发〔2020〕1 号），本项目拟建址评价范围内不涉及江苏省国家级生态保护红线、江苏省生态空间管控区域和昆山市生态空间管控区域（详见

附图 9、附图 10）。根据现场监测和环境影响预测，项目建设满足环境质量底线要求，不会造成区域环境质量下降；本项目对资源消耗极少，不涉及违背生态环境准入清单的问题，根据《江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案》（苏政发〔2020〕49 号），本项目拟建址评价范围内不涉及江苏省内优先保护单元。

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	储存方式与地点	备注
	本次环评不涉及							

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	储存方式与地点
	本次环评不涉及									

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
	本次环评不涉及									

（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 装置	II	1	东软 NeuAngio 30F	125	1000	影像诊断和介入治疗	医疗综合大楼一层 DSA 机房内	/

（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			储存方式与地点
										活度（Bq）	储存方式	数量	
	本次环评不涉及												

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、氮氧化物	气态	/	/	/	少量	/	无暂存	通过动力排风装置排入大气，臭氧在常温下 20-30min 可自行分解为氧气
介入手术时产生的医用器具和药棉、纱布、手套等医用辅料	固态	/	/	约 10kg	约 120kg	/	暂存在机房内的废物桶，手术结束后集中收集	委托有资质单位进行处置
生活污水	液态	/	/	约 0.2m^3	约 2.4m^3	/	医院污水处理系统	经医院污水处理系统处理达标后排入市政管网
以下空白								

注：1、常见废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/m^3，气态为 mg/m^3；年排放总量用 kg；

2、含有放射性的废弃物要标明其排放浓度、年排放总量，单位分别为 Bq/L（kg、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，2014 年修订，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，2003 年 10 月 1 日起施行）； （4）《建设项目环境保护管理条例》（中华人民共和国国务院令第 682 号，2017 年修改，2017 年 10 月 1 日起施行）； （5）《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 版，2021 年 1 月 1 日施行）； （6）《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第 449 号，2019 年 3 月 2 日《国务院关于修改部分行政法规的决定》（国务院令第 709 号）修订，（2019 年实施）； （7）《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）第四次修订，自 2021 年 1 月 4 日起施行）； （8）《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行） （9）《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》（2019 年 11 月 1 日起施行）； （10）《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部，公告 2019 年第 57 号，2019 年 12 月 23 日，2020 年 1 月 1 日起施行）； （11）《关于建立放射性同位素与射线装置事故分级处理报告制度的通知》，国家环保总局，环发〔2006〕145 号，2006 年 9 月 26 日起施行； （12）《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 日发布；

	（13）《江苏省辐射污染防治条例》（2018 年修正本），江苏省第十三届人民代表大会常务委员会第二次会议，2018 年 5 月 1 日起实施； （14）《省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》，苏政发〔2018〕74 号，2018 年 6 月 9 日发布； （15）《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》，苏政发〔2020〕1 号，2020 年 1 月 8 日发布； （16）《江苏省政府关于印发江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》，苏政发〔2020〕49 号，2020 年 6 月 21 日发布； （17）《省生态环境厅关于进一步做好建设项目环境影响报告书（表）编制单位监管工作的通知》，苏环办〔2021〕187 号，江苏省生态环境厅办公室，2021 年 5 月 31 日印发。
技术标准	（1）《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016）； （2）《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）； （3）《环境γ辐射剂量率监测技术规范》（HJ 1157-2021）； （4）《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）； （5）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）； （6）《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）。
其他技术资料	参考资料： （1）《辐射防护手册》（第一分册）、（第三分册）； （2）《辐射防护导论》，方杰主编； （3）《江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究》（辐射防护 第 13 卷第 2 期，1993 年 3 月），江苏省环境监测站。 其他相关材料：委托书、医院提供的相关证件、图纸、防护方案、制度和其他相关支撑性材料等。

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

本次环境影响评价仅针对昆山宗仁卿纪念医院有限公司新增1台DSA装置项目进行评价。

DSA装置应用项目属于Ⅱ类射线装置使用项目，根据《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）中“1.5评价范围和保护目标：放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物质边界外50m的范围”，根据本项目的辐射特点，运行过程中产生的电离辐射经有效的屏蔽后对周围影响较小，且主要影响人员是射线装置工作场所临近的职业工作人员及公众，因此，确定本项目评价范围为DSA机房实体屏蔽边界外50m区域内的周围环境。评价范围详见附图3。

保护目标

对照《建设项目环境影响评价分类管理名录》第三条（一），本项目评价范围内不涉及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区。对照《江苏省国家级生态保护红线规划》（苏政发〔2018〕74号）及《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》（苏政发〔2020〕1号），本项目评价范围不涉及江苏省国家级生态保护红线、江苏省生态空间管控区域和昆山市生态空间管控区域。本项目利用X射线进行医用诊断及介入治疗，占用资源少，不会降低管控区的水、气、土壤的环境功能类别和环境质量，符合“三线一单”相关要求。本项目DSA机房50m评价范围包括医疗综合大楼及其南侧、西侧院内道路和绿化空地，以及院外的震川高级中学。本项目保护目标主要为辐射工作人员、机房周围的医务人员、患者及患者家属和公众人员。保护目标详见表7-1。

表7-1　本项目环境保护目标一览表

辐射工作场所名称	保护目标	周边位置描述	方位及距离	规模	剂量约束值
DSA 机房	辐射工作人员	机房内、控制室、设备间、污物间	机房内部、机房南侧紧邻、北侧紧邻	10 人	5mSv/a
	公众人员	缓冲间、西侧走廊等	机房北侧、西侧紧邻	约 6 人	0.1mSv/a
		医疗综合大楼一层：挂号	一层 DSA 机房西侧、北	约 100 人	

		收费、急诊、志愿者服务台、急诊输液室、住出院处、药房、检验科、放射科、血液透析和商店等	侧、东侧 50m 范围内		
		医疗综合大楼二层~九层（其中 DSA 机房正上方为超声、心电检查区域）	上方	约 500 人	
		医疗综合大楼负二层、负一层（其中 DSA 机房正下方为空调机房）	下方	约 50 人	
		院内道路、广场和停车场等	机房东侧 1m、南侧 4m、西侧 36m 至 50m 范围内	流动人员	
		院外南侧震川高级中学	南侧 14~50m 范围内	约 800 人	

评价标准

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射照射的防护和实践中源的安全。

①剂量限值

第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

第B1.1.1.1款 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。

第B1.2款公众照射

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；

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。

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表**7-2**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

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

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表3的规定。

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。

表7-3 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
C 形臂 X 射线设备机房	2.0	2.0

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 μSv/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。

6.4.10 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7-4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0.25 mmPb；介入防护手套铅当量应不小于0.025 mmPb；甲状腺、性腺防护用品铅当量应不小于0.5 mmPb；移动铅防护屏风铅当量应不小于2 mmPb。

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0.5 mmPb。

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 7-4　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		患者和受检者	
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施
介入放射学操作	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套 选配：铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏/铅防护吊帘、床侧防护屏/床侧防护帘 选配：移动铅防护屏风	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套 选配：铅橡胶帽子	——

注：“——”表示不需要求。

7 X射线设备操作的防护安全要求

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外，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GBZ 128的规定。

3 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）

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，最长不得超过3个月。

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≤10%时，一般可只监测Hp(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Hp(10)和Hp(0.07)。

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）。

4 本项目剂量约束值和辐射剂量率控制水平

综合考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）确定本项目的剂量约束值和辐射剂量率控制水平。本项目剂量约束值为：职业人员年有效剂量不超过5mSv，公众年有效剂量不超过0.1mSv。本项目辐射剂量率控制水平：透视条件下，距DSA机房墙体、门、窗表面外30cm处、顶棚上方（楼上）距顶棚地面100cm处、地面下方（楼下）距楼下地面170cm处的辐射剂量率控制水平均为2.5μSv/h。摄影条件

下，距DSA机房墙体、门、窗表面外30cm处、顶棚上方（楼上）距顶棚地面100cm处、地面下方（楼下）距楼下地面170cm处的辐射剂量率控制水平均为25μSv/h。

5 参考资料：

（1）《辐射防护手册》（第一分册）、（第三分册）

（2）《辐射防护导论》，方杰主编。

（3）《江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究》（辐射防护 第13卷第2期，1993年3月），江苏省环境监测站。

表7-5 江苏省环境天然γ辐射（空气吸收）剂量率

（单位：nGy/h）

	原野剂量率	道路剂量率	室内剂量率
测量范围	33.1~72.6	18.1~102.3	50.7~129.4
均值	50.4	47.1	89.2
标准差（s）	7.0	12.3	14.0
（均值±3s）*	50.4±21.0	47.1±36.9	89.2±42.0

*：评价时采用“均值±3s”作为辐射现状评价的参考数值。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

1 项目地理位置和场所描述

昆山宗仁卿纪念医院有限公司位于江苏省昆山市前进东路999号，西面为樾河北路，南面为震川高级中学和文峰园小区，东面为顺帆北路，北面为前进东路。建设项目地理位置详见附图1。

本项目 DSA 装置拟设置于昆山宗仁卿纪念医院有限公司医疗综合大楼一层 DSA 机房内，医疗综合大楼位于院内中间区域，医疗综合大楼位于院内中间区域，东侧为医院二期项目、地面停车场和院内道路等，北侧为门诊入口、院内道路、广场和绿化，西侧为院内道路、地面停车场和锅炉房，南侧为室外走廊和景观绿化、院内道路和医院围墙，围墙外为震川高级中学。医院总平面布局示意图见附图 2。

DSA 机房东侧为医疗综合大楼南入口室外走廊和景观绿化，北侧为本项目准备区和污物间，西侧为走廊，南侧为本项目控制室和设备间，正上方为二层超声、心电检查区，正下方为负一层空调机房。本项目 DSA 机房平面布置图详见附图 6。

本项目 DSA 机房现状及周围环境见图 8-1。



拟改建 DSA 机房（现状闲置用房）



拟改建 DSA 机房区域北侧（候诊区）



拟改建 DSA 机房区域西侧（走廊）



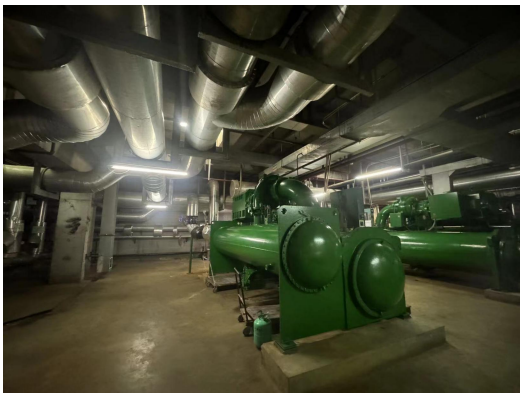
拟改建 DSA 机房区域南侧和东侧（南侧院内道路和东侧景观绿化）



拟改建 DSA 机房区域东侧（景观绿化）



拟改建 DSA 机房区域超声、心电检查区域（更衣室和检查室）



拟改建 DSA 机房区域楼下（空调机房）



南侧院外震川高级中学

图 8-1 DSA 机房拟建址及周围环境现状图

2 辐射环境质量现状监测

根据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）相关方法和要求对本项目进行辐射环境现状调查，在拟建址及周围进行布点，测量辐射现状剂量率，监测结果见表 8-1，监测点位示意图见图 8-2~图 8-5。

监测单位：广州南方医疗设备综合检测有限责任公司

检测仪器：环境级 X、γ辐射剂量率仪 JC-6000（出厂编号：44000493；能量响应：48keV~3MeV；测量范围：1nGy/h~500uGy/h；检定单位：中国测试技术研究院；检定证书编号：校准字第 202504106077 号；检定有效期：2025 年 04 月 22 日~2026 年 04 月 20 日）

监测日期：2025 年 06 月 13 日

监测因子：环境γ辐射剂量率

天气：多云

温度：27.5℃

湿度：86.3%RH

监测依据：《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）

质量控制：本项目监测单位已通过计量认证，具备有相应的检测资质和检测能力，监测按照《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）的要求，实施全过程质量控制。监测人员均经过考核，监测仪器经过计量部门检定，并在有效期内，监测仪器使用前经过校准或检验，监测报告实行三级审核。

评价方法：参照江苏省原野、道路、建筑物内γ辐射（空气吸收）剂量率水平调查结果，评价项目周围的辐射环境质量。

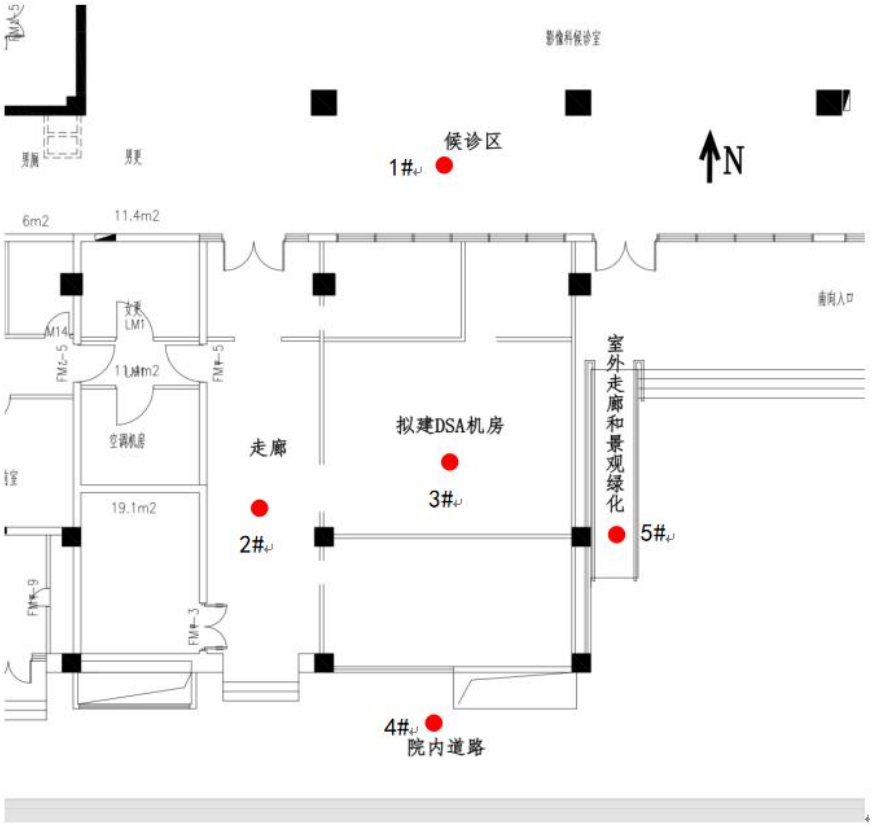


图 8-2 拟建 DSA 机房周围监测点位图

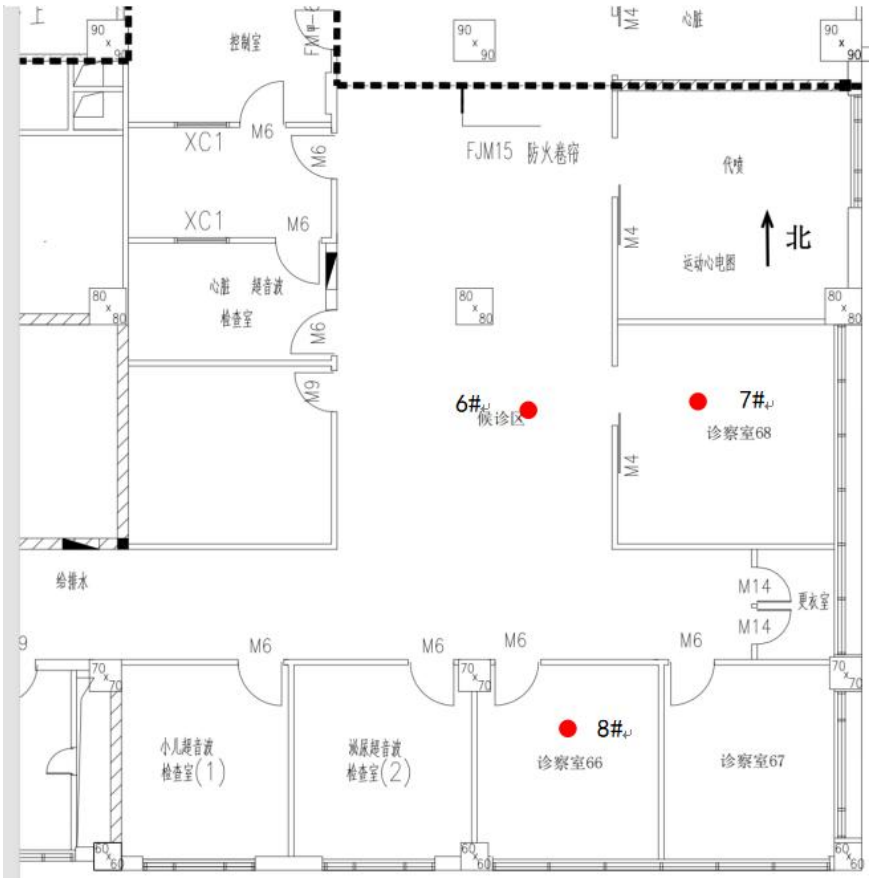


图 8-3 拟建 DSA 机房楼上区域监测点位图

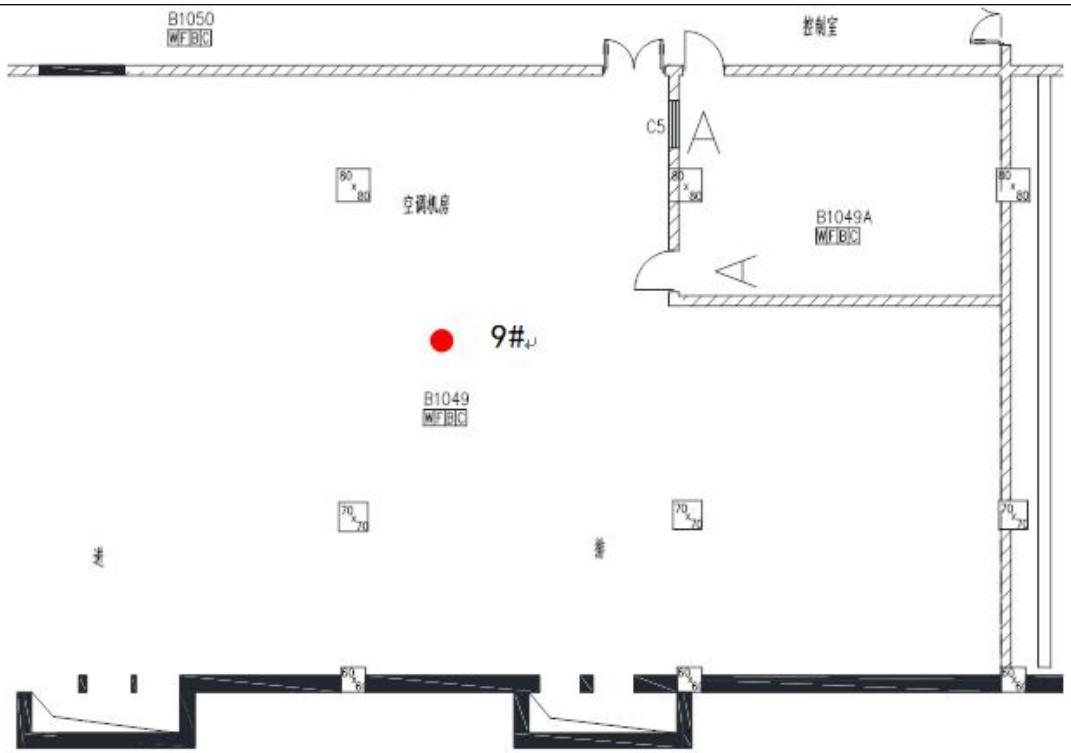


图 8-4 拟建 DSA 机房楼下区域监测点位图

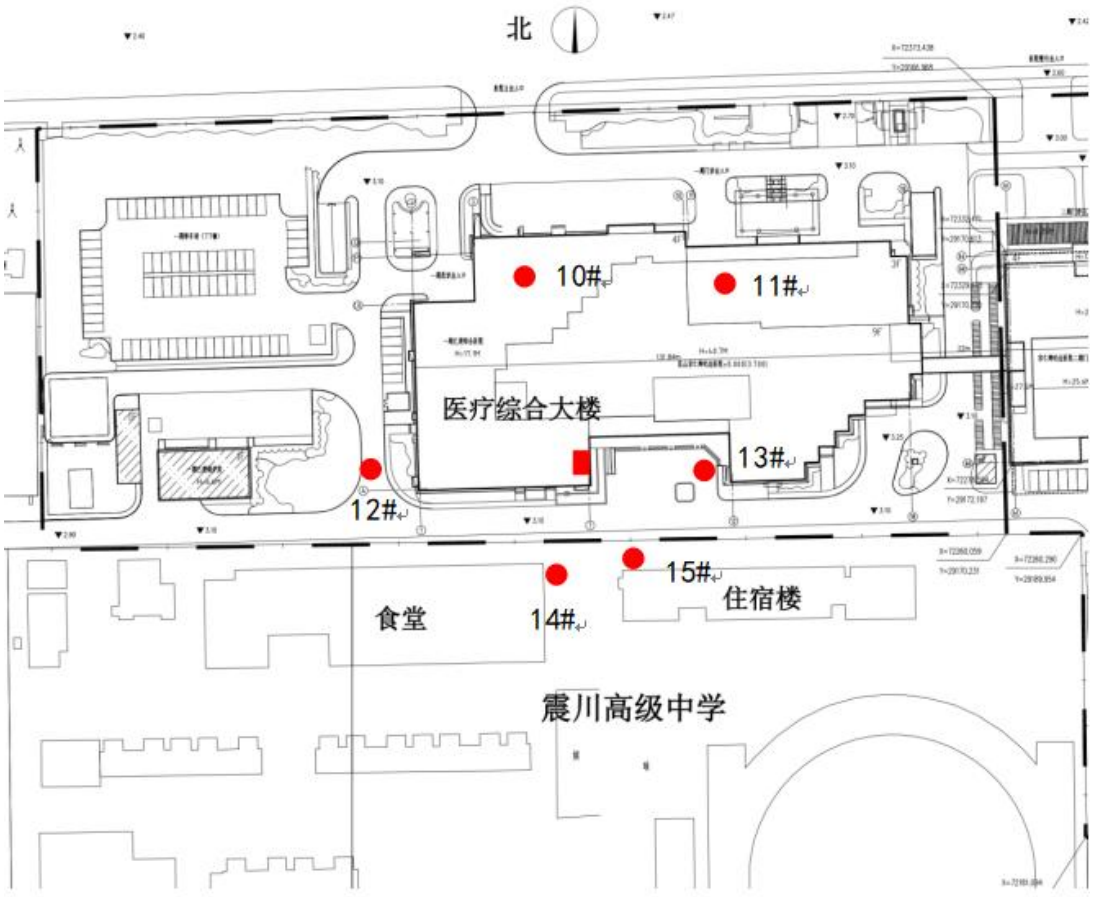


图 8-5 拟建 DSA 机房周围 50 米区域监测点位图

表 8-1　本项目环境γ辐射剂量率现状监测结果

检测点位	检测位置	检测结果		点位环境
		均值（nGy/h）	标准差（±nGy/h）	
1#	拟改造 DSA 区域北侧候诊区	113	2	楼房室内
2#	拟改造 DSA 区域西侧走廊	112	3	楼房室内
3#	拟改造 DSA 区域（现状为闲置用房）	109	3	楼房室内
4#	拟改造 DSA 区域南侧院内道路	81	7	室外道路
5#	拟改造 DSA 区域东侧室外走廊和景观绿化	113	2	室外道路
6#	拟改造 DSA 区域楼上候诊区	93	2	楼房室内
7#	拟改造 DSA 区域楼上诊察室（68）	101	2	楼房室内
8#	拟改造 DSA 区域楼上诊察室（66）	100	2	楼房室内
9#	拟改造 DSA 区域楼下空调机房	99	2	楼房室内
10#	北侧门诊大厅	120	2	楼房室内
11#	北侧急诊	110	2	楼房室内
12#	西侧院内道路	71	2	室外道路
13#	东侧院内空地	78	1	室外道路
14#	南侧震川高级中学食堂处	77	5	室外道路
15#	南侧震川高级中学住宿楼处	68	5	室外道路

注：1、以上检测结果均已对宇宙射线的响应值进行修正。

2、以上检测点位距离地面约 1m。

3、数据处理公式：$\dot{D}_{\gamma}=k_1*k_2*R_{\gamma}-k_3*\dot{D}_c$。

4、仪器检验源效率因子 k_2：无仪器检验源，取 1。

5、建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子 k_3：楼房取 0.8、平房取 0.9、原野和道路取 1。

6、宇宙射线响应测量所在淡水水面位于广东省河源市东源县万绿湖，地理经度：114.6272°，地理纬度：23.78902°，海拔高度：0.142km，宇宙射线的响应值为 35nGy/h；测点的海拔高度 34.7m，地理经度为 120.5958°，地理纬度 31.235°，根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）中宇宙射线响应值修正方法可计算得 ，测点处宇宙射线响应值$\dot{D}_c$：35nGy/h。（根据修正公式，仪器在测点处对宇宙射线的响应值计算结果为：34.72962nGy/h，取整后结果为 35nGy/h。）

由表 8-1 监测结果可知，本项目 DSA 机房拟建址周围环境γ辐射剂量率为（68~120）nGy/h（扣除宇宙射线响应值后），处于江苏省环境天然γ辐射（空气吸收）剂量率水平涨落范围内。

表 9 工程分析与源项

工程设备和工艺分析

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，其整体外观示意图如图9-1所示。

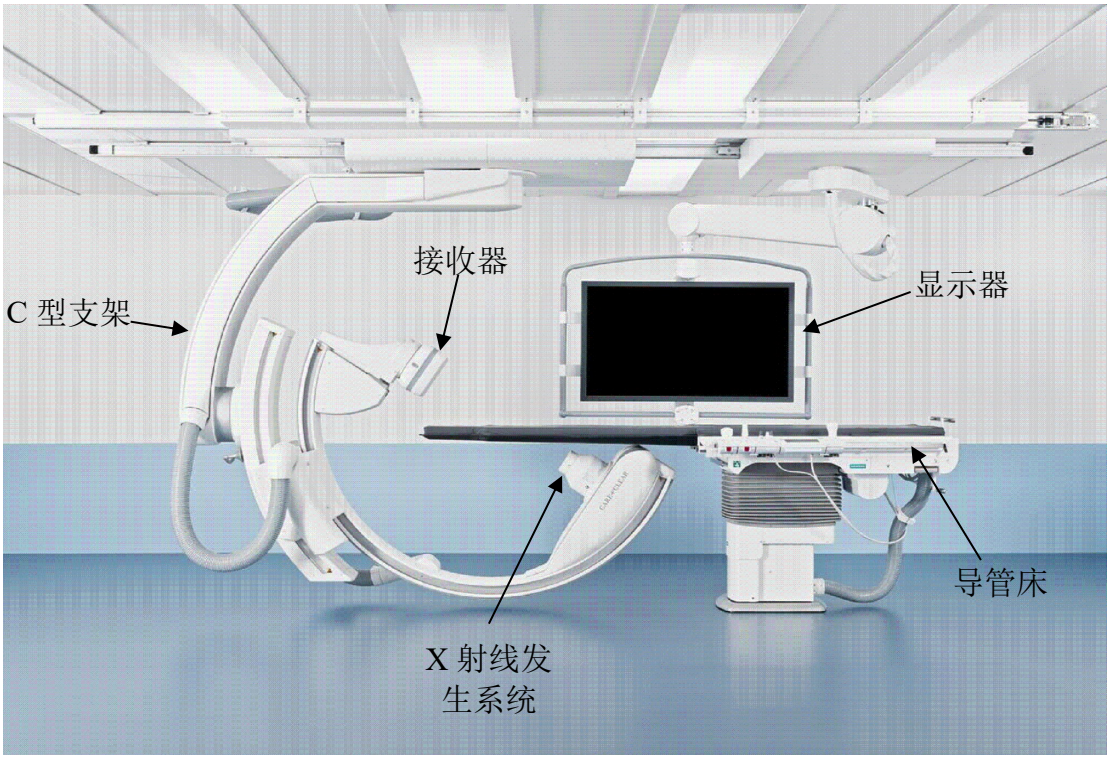


图 9-2　DSA 射线装置整体外观示意图

昆山宗仁卿纪念医院有限公司拟在医疗综合大楼一层 DSA 机房内新增 1 台 DSA 装置，最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA，属于 II 类射线装置。本项目中 DSA 装置的应用目的和任务是：用于全身血管疾病检查，可消除其余影像，清晰地显示血管的精细解剖结构并辅助介入治疗。

表 9-1 本项目 DSA 主要设备技术参数

指标	技术参数
型号	东软NeuAngio 30F
最大管电压	125kV

最大管电流	1000mA
滤过	2.5mmAl固有滤过+0.1、0.2、0.3、0.6、0.9mmCu附加滤过
最大照射野	20×20cm
焦皮距	0.38m

本项目拟新增 DSA 配套设备配置情况见表 9-2。

表 9-2 本项目 DSA 配套设备一览表

序号	名称	数量	用途	位置
1	电源柜	1套	DSA配电	设备间
2	高压发生柜	1套	DSA高压装置	设备间
3	系统控制柜	1套	设备控制	设备间
4	控制系统	1套	DSA设备操作	控制室

2 工作原理

介入治疗是利用现代高科技手段进行的一种微创性治疗，其应用数字技术，扩大医生视野，借助导管、导丝延长了医生的双手，它的切口（穿刺点）仅有米粒大小，不用切开人体组织，就可治疗许多过去无法治疗、必须手术治疗或内科治疗疗效欠佳的疾病，如肿瘤、血管瘤、各种出血等。介入治疗具有不开刀、创伤小、恢复快、效果好的特点。DSA常应用于介入治疗，其能指导介入手术时医生快速、精确地操作；医生在DSA医学影像学设备的引导下，利用特殊的穿刺针、导管、导丝、支架和栓塞剂等器械代替传统的手术刀，对疾病进行诊断和局部治疗。

血管造影用X射线装置（DSA）技术是计算机与常规X 射线血管造影相结合的一种新的检查方法，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主要采用时间减影法，即将造影剂未达到欲检部位前摄取的蒙片与造影剂注入后摄取的造影片在计算机中进行数字相减处理，仅显示有造影剂充盈的结构，具有高精密度和灵敏度。

DSA装置中产生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 9-1，DSA 系统结构示意图见图 9-2

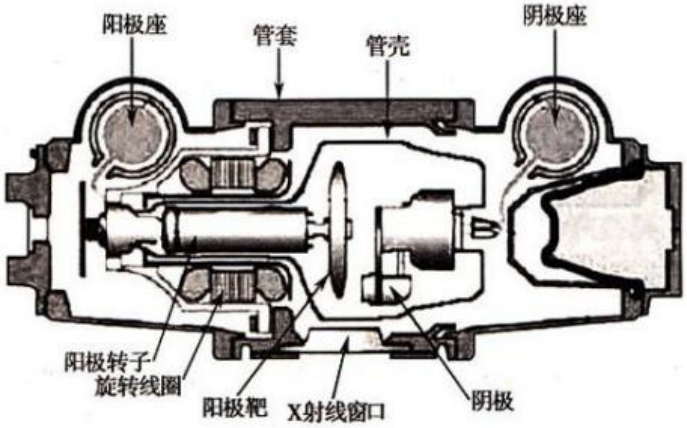


图 9-1 典型 X 射线管结构图

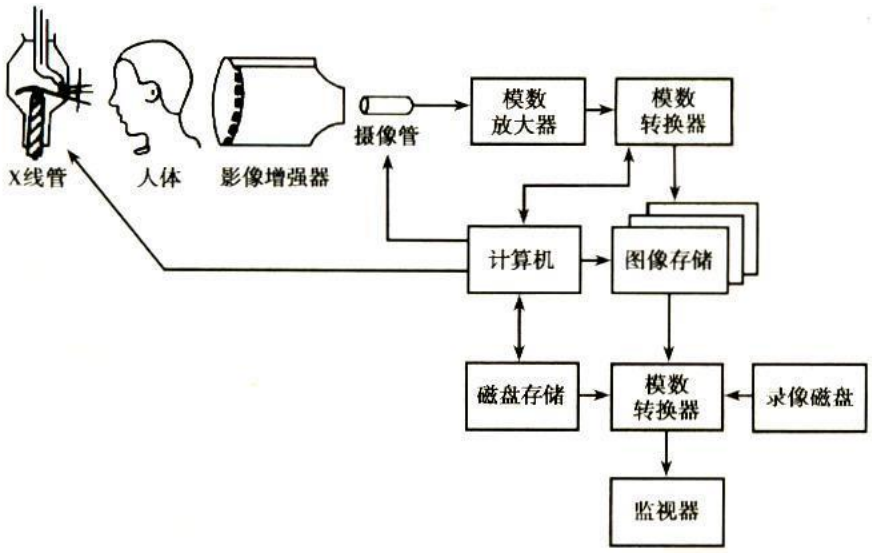


图 9-2 DSA 系统结构示意图

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。

3 工作流程及产污环节分析

DSA主要操作流程为：在DSA装置引导下进行一系列的介入检查与诊疗手术。在手术过程中，介入手术医生在床旁并在X射线导视下进行操作。

DSA在进行曝光时分为两种情况：

第一种情况，采集。操作人员采取隔室操作的方式（即放射技师在控制室内对病人进行曝光），医生位于控制室内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。根据手术方案，单台手术采集次数有所不同。

第二种情况，透视。病人需进行介入手术治疗时，为更清楚地了解病人情况时会有连续曝光，并采用连续脉冲透视，此时介入手术医生位于铅悬挂防护屏（或铅防护吊帘）、床侧防护帘（或床侧防护屏）等辅助防护设施后，并身着铅衣、铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套等个人防护用品在DSA机房内对病人进行直接的介入手术操作。

DSA的X射线诊断机曝光时，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，不会产生废显影液、废定影液和废胶片。DSA操作流程及产污环节如图9-3所示。

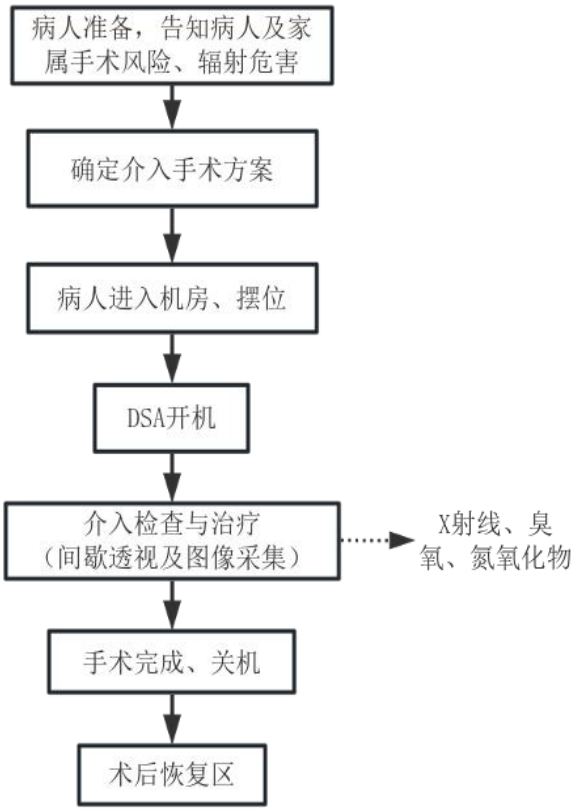


图 9-3　DSA 操作流程及产污环节示意图

综上可知，DSA在开机状态下，产生的污染因子主要为X射线、少量臭氧和氮氧化物以及手术过程中产生的医疗废物，无其他放射性废气、废水及固体废物产生。

4 人员配备和工作负荷

本项目拟新增1台DSA，劳动定员10人，其中手术医生6人，护士3人，技师1人。医院拟根据实际情况进行院内调配或新增辐射工作人员，本项目6名手术医生、3名护士分为三组，心脏介入、神经介入和综合介入各1组，每组由2名介入手术医生和1名手术护士组成。除此之外，该6名介入手术医生和3名护士可能还负责医院现有DSA的介入手术，但每名介入手术医生和护士年总手术量不超过300台。

根据医院提供的DSA工作负荷，本项目DSA装置年开展工作量600台，其中心脏介入300台、神经介入100台、综合介入200台，辐射工作人员年工作250天，预估DSA的工作负荷情况见表9-3。表中可知，手术室内医生年接触射线时间不超过93.3h，技师在操作台进行隔室操作设备，包括透视及采集，其年接触射线

时间不超过104.9h。

表9-3 预估DSA工作负荷

（1）透视			
手术类别	年开展工作量	每台手术透视曝光时间	年透视曝光时间
心脏介入	300台	约8min	约40h
神经介入	100台	约12min	约20h
综合介入	200台	约10min	约33.3h
小计	/	/	约93.3h

（2）采集					
手术类别	年开展工作量	单次采集时间	单台手术采集次数	单台手术最大采集时间	年采集时间
心脏介入	300台	0.5~1s	6~10次	约1min	约5h
神经介入	100台	0.5~2s	7~10次	约2min	约3.3h
综合介入	200台	0.5~1s	3~10次	约1min	约3.3h
小计	/	/	/	/	约11.6h
总计					约104.9h

污染源项描述

1 放射性污染

DSA在工作状态下会发出X射线，本项目DSA装置最大管电压125kV，最大管电流1000mA，其主要用作血管造影检查及配合介入治疗。由于在荧光影像与视频影像之间有影像增强器，从而降低了造影所需的X射线能量，再加上一次血管造影检查需要时间很短，因此血管造影检查的辐射影响较小。而介入治疗需要长时间的透视和大量的摄片，对病人和医务人员有一定的附加辐射剂量。

DSA产生的X射线是随机器的开、关而产生和消失，其穿透能力与X射线管的管电压和出口滤过有关。在开机出束期间，X射线是主要污染因子。辐射场中的X射线包括有用线束（主束）、漏射线和散射线。由于DSA的X射线球管和探测器分别安装在被扫描组织的两侧，方向相对，球管出束口恒定朝向探测器照射，

出束主射线在探测器成像范围（照射野范围）内，在对X射线探测时，均要求探测器具有对电离辐射的高阻断能力，要求所有入射到发光材料上的X射线尽可能多地被吸收，当X射线穿过探测器而没被吸收，就不会产生激发，从而影响成像效果，探测器对X射线球管主射线的吸收，使得机房的屏蔽估算无需再考虑主射线，这与《辐射防护手册》（第三分册）（P77）“3.3.3.2 医院放射科的建筑结构与辐射防护”章节中“由于透视X线机的初级X线完全被荧光屏或影像增强器所捕集，只要对次级X线进行屏蔽。”的建议是一致的，与NCRP147号报告“4.1.6 Primary Barriers”的建议也是一致的，因此本项目DSA机房各侧屏蔽体主要考虑散射辐射和泄漏辐射的影响。由于射线能量较低，不必考虑感生放射性问题。

DSA具有自动照射量控制调节功能（AEC），采集时，如果受检者体型偏瘦，功率自动降低，照射量率减小；如果受检者体型较胖，功率自动增强，照射量率增大。为了防止球管烧毁并延长其使用寿命，实际使用时，管电压和管电流通常留有一定的余量。根据医院提供资料，DSA正常运行时，透视模式的工况为（60～80）kV/（5～20）mA，采集模式的工况为（60～90）kV/（100～500）mA，实际应用中常用最大工况一般为透视模式80kV/20mA，采集模式80kV/500mA。

DSA运行时离靶1米处的X射线发射率根据运行时管电压和DSA的X射线管的过滤条件从《辐射防护手册》（第三分册）P58图3.1中查取。本项目DSA过滤板为2.5mmAl固有滤过+0.1、0.2、0.3、0.6、0.9mmCu附加滤过，本次报告保守按2.5mmAl固有滤过进行理论计算，查《辐射防护手册》（第三分册）P58图3.1，额定电压125kV时离靶1米处的发射率约为0.1mGy/mA·s，本项目正常运行时常用电压为80kV，离靶1米处的发射率约为0.05mGy /mA·s。

（1）泄漏射线

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》“（77）用于诊断目的的每一个X射线管必须封闭在管套内，以使得位于该套管内的X射线管在制造厂规定的每个额定值时，离焦点1m处所测得的泄漏辐射在空气中的比释动能不超过1.0mGy/h”（在距离源1m处不超过100cm^{2}的面积上或者在离管或源壳5cm处的10cm^{2}面积上进行平均测量），以及《医用电气设备第1-3部分：

基本安全和基本性能的通用要求并列标准：诊断X射线设备的辐射防护》（GB9706.103-2020）中12.4的相应要求，取本项目DSA离焦点1m处的泄漏辐射空气比释动能率透视和采集模式下均为1.0mGy/h。

（2）散射线

本项目DSA的散射线主要考虑有用线束照射到受检者人体产生的侧向散射线，其强度与有用线束的X射线能量、X射线机的输出量、散射面积和距离等有关。

2 非放射性污染

①废气：DSA在工作状态时，会使机房内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，少量臭氧和氮氧化物可通过动力通风系统排至室外，臭氧在空气中短时间可自动分解为氧气，这部分废气对周围环境影响较小。

②废水：主要是工作人员产生的生活污水，将进入医院污水处理系统，处理达标后排入城市污水管网，对周围环境影响较小。

③固体废物：DSA手术过程中产生的棉签、纱布、手套、器具等医疗废物暂存在机房内的废物桶，手术结束后分类集中收集，作为医疗废物由医院统一委托有资质单位进行处置；工作人员产生的生活垃圾，分类收集后，将交由城市环卫部门处理，对周围环境影响较小。

表 10 辐射安全与防护

项目安全措施

1 项目工作场所布局合理性分析

本项目 DSA 装置拟设置于昆山宗仁卿纪念医院有限公司医疗综合大楼一层 DSA 机房内，医疗综合大楼位于院内中间区域，医疗综合大楼位于院内中间区域，东侧为医院二期项目、地面停车场和院内道路等，北侧为门诊入口、院内道路、广场和绿化，西侧为院内道路、地面停车场和锅炉房，南侧为室外走廊和景观绿化、院内道路和医院围墙，围墙外为震川高级中学。

DSA 机房东侧为医疗综合大楼南入口室外走廊和景观绿化，北侧为本项目准备区和污物间，西侧为走廊，南侧为本项目控制室和设备间，正上方为二层超声、心电检查区，正下方为负一层空调机房。该项目 DSA 设备用于介入治疗及影像诊断，技师在控制室通过观察窗隔室操作，介入治疗时，相关医师在床边进行同室近台操作；设备曝光时，护士等其他人员均不在机房内滞留。以 DSA 机房为中心，项目 50m 评价范围包括医疗综合大楼及其南侧、西侧院内道路和绿化空地，以及南侧院外的震川高级中学。

因此，本项目 DSA 机房、控制室与设备间分开单独布置，区域划分明确，项目布局合理。

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，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电离辐射警告标志，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电离辐射警告标识；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

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）等相关标准对控制区和监督区的定义，结合项目辐射防护情况，结合项目诊治、辐射防护和环境情况特点，将DSA所在机房划为控制区，DSA机房周边场所控制室、设备间、准备区、污物间划为监督区。DSA机房控制区和监督区划分情况见**图10-1**。

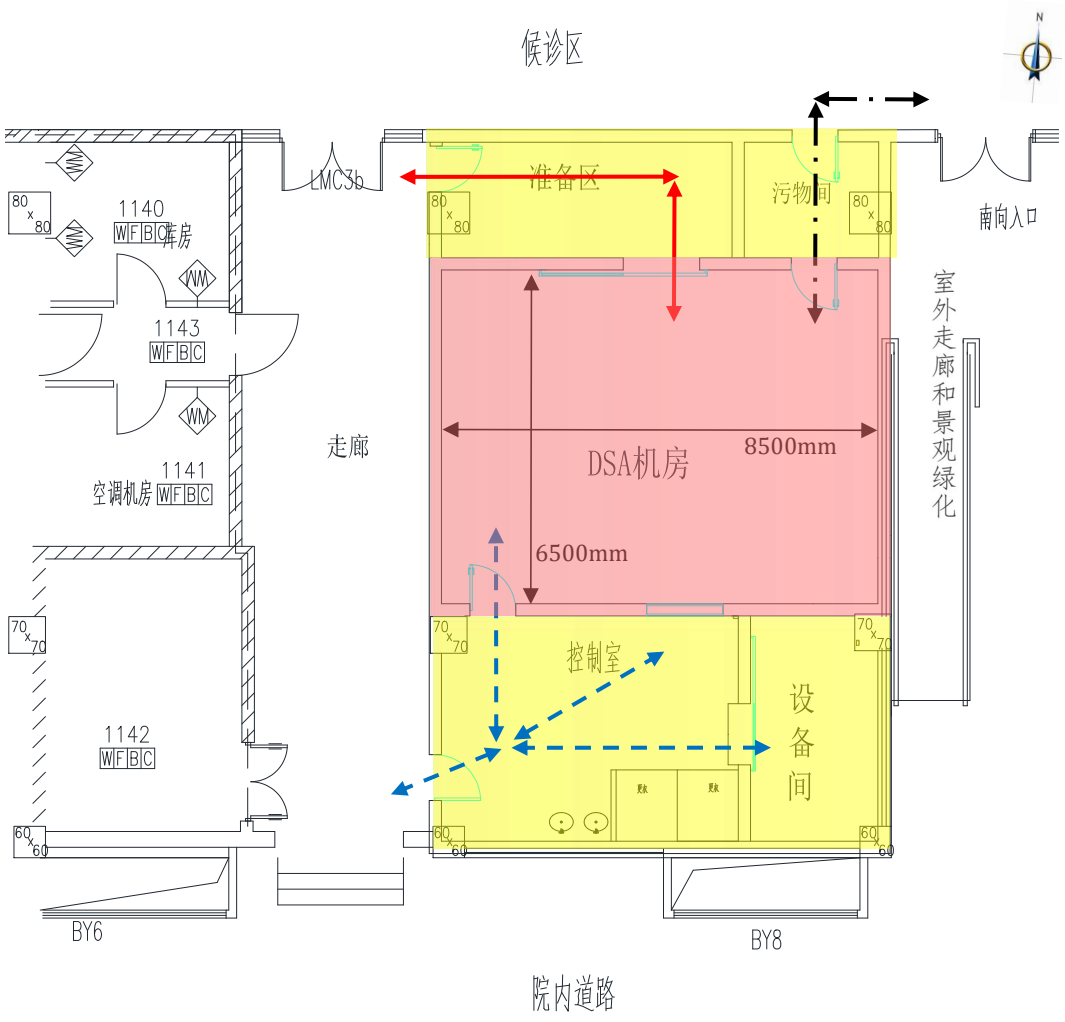


图 10-1　机房平面布局及辐射场所分区示意图

关于控制区与监督区的防护手段与安全措施，建设单位应做到：

（1）控制区防护手段与安全措施

1）在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的、符合GB 18871-2002附录F(标准的附录)规定的警告标志，并给出相应的辐射水平和污染水平的指示；

2）制定辐射防护与安全措施，包括适用于控制区的规则和程序；

3）运用行政管理程序和实体屏障（包括门锁和联锁装置）限制进出控制区；

4）在进入控制区有个人防护用品、工作服等；

5）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。

（2）监督区防护手段与安全措施

1）在监督区的入口处的适当地点设立表明监督区的标牌；

2）定期检查该区的条件，以确定是否需要采取防护措施和做出安全规定，或是否需要更改监督区的边界。医院在运行期间应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，如发现问题应及时处理。

3 场所屏蔽设计

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C形臂X射线设备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要求，对本评价项目屏蔽措施进行对照分析，结果见表10-1。

表 10-1 本项目 DSA 机房屏蔽防护情况一览表

防护设计	设计参数	
DSA 机房	最小单边长度（m）	6.5
	有效使用面积（m^2）	55.25
DSA 机房屏蔽防护设计	四周屏蔽体	轻钢龙骨+4mm 铅板
	顶板	120mm 混凝土楼板+2mm 铅板
	地板	120mm 混凝土楼板+3mmPb 硫酸钡水泥
	防护门	嵌 4mm 铅板
	观察窗	4mmPb 铅玻璃
注：混凝土密度为 2.35g/cm^3，铅密度为 11.3g/cm^{33}，硫酸钡水泥密度为 3.2g/cm^3。		

机房在进行防护屏蔽设计和施工时，观察窗铅玻璃内嵌到防护墙内并在四周

用铅皮进行包裹，机房门与墙、窗与墙之间的重叠处搭接应大于相关缝隙的10倍。

4 机房电缆布设

DSA机房与设备间设有电缆，电缆以电缆沟形式连通DSA机房与控制室、设备间，电缆沟紧贴混凝土地板经屏蔽墙进入机房内，电缆沟上方采用不锈钢盖板覆盖，穿越处均采用不低于2mmPb铅皮包裹管道补偿，包裹长度为2倍穿越口长边长度，能够有效防止射线泄漏，DSA运行产生的X射线经过多次散射后在机房外的影响很小。在采取上述穿墙部位屏蔽补强措施后，穿墙部分不会影响屏蔽体整体的防护性能。线缆穿墙示意图见图10-1。

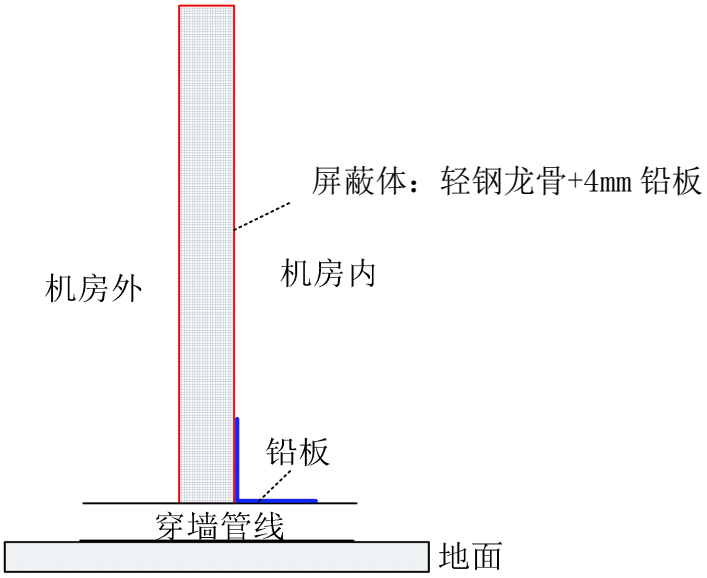


图 10-1 线缆穿墙示意图

5 通排风系统的设置

因 X 射线对空气的电离产生的臭氧和氮氧化物，通风系统需满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中关于“机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风”的要求。本项目 DSA 机房的排风管从 DSA 机房穿越东侧屏蔽墙至经墙上百叶窗排出室外，机房内穿越口位置的高度高于吊顶高度，排风管穿墙前拟在机房内侧采用铅皮包裹补偿墙体的屏蔽能力，铅皮厚度不低于 2mmPb，包裹长度为 2 倍穿越口长度，铅皮包裹从 DSA 机房内部包裹，能保证机房的屏蔽能力，穿墙部分不会影响屏蔽体整体的防护性能。穿越处设置铅皮做搭接，铅皮

搭接尺寸不小于缝隙宽度 10 倍以上，能够有效防止射线泄漏。在采取上述穿墙部位屏蔽补强措施后，穿墙部分不会影响屏蔽体整体的防护性能。风管穿越屏蔽墙体示意图见图 10-2，排风口及排风管道示意图见图 10-3。

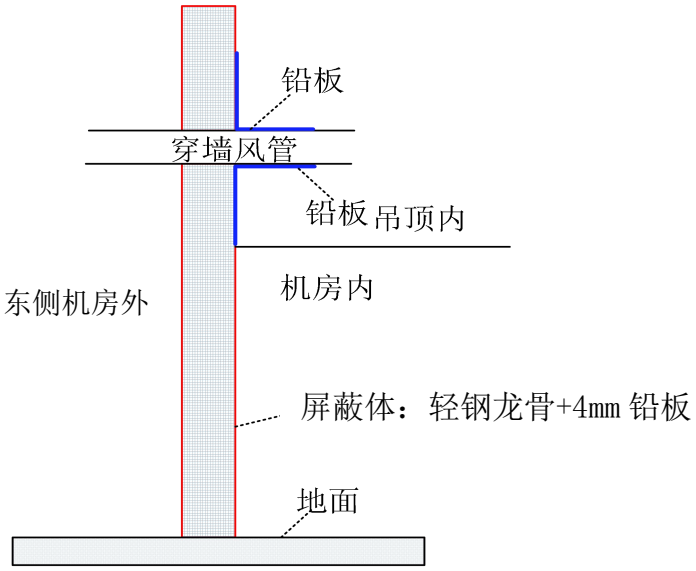


图10-2 风管穿越屏蔽墙体示意图

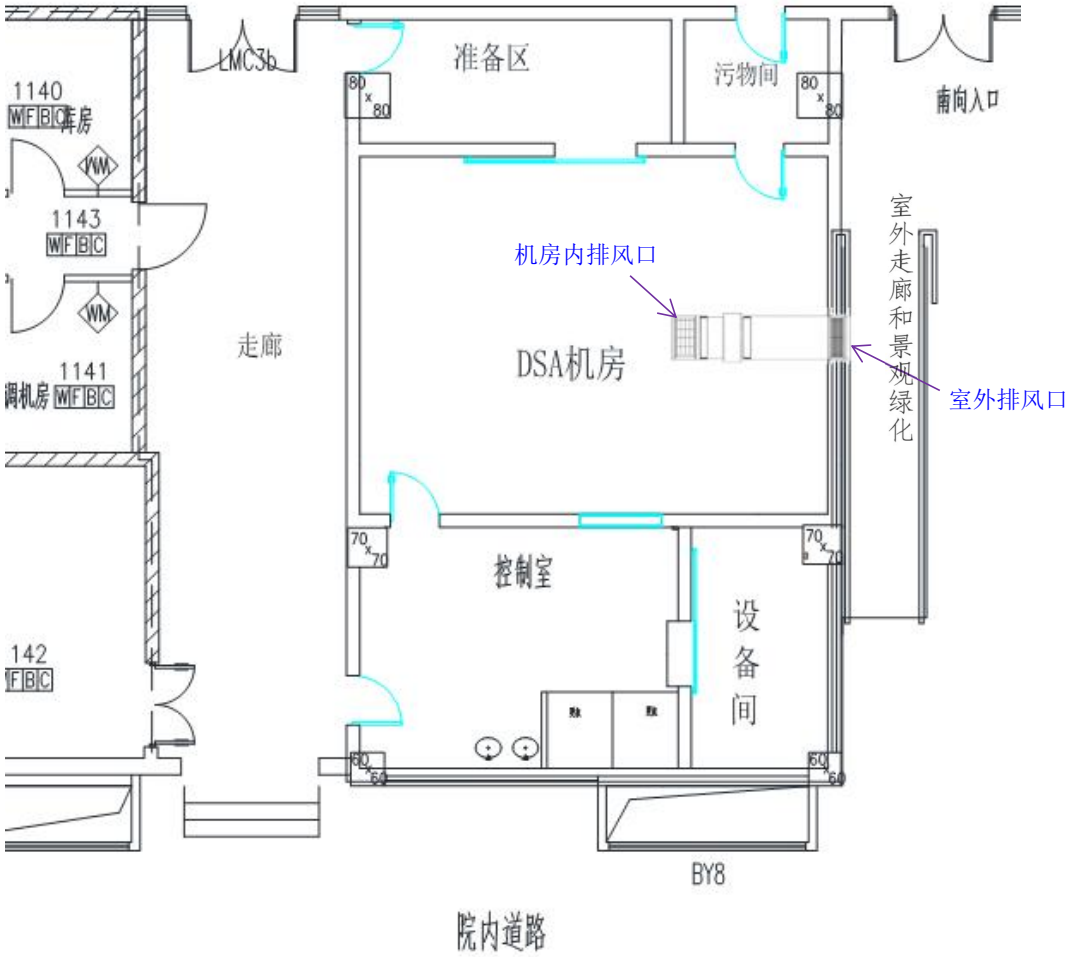


图 10-3 排风口及排风管道示意图

6 辐射安全与防护措施

医院拟根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）为本项目设置的辐射安全装置和保护措施，主要有：

（1）设备固有防护措施

本项目 DSA 设备从正规厂家购买，设备本身采取了多种固有安全防护措施：

①设备具有可调限束装置，使装置发射的线束宽度尽量减小，以减少泄漏辐射；

②采取栅控技术：在每次脉冲曝光间隔向旋转阳极加一负电压，抵消曝光脉冲的启辉和余辉，起到消除软 X 射线，提高有用射线品质并减少脉冲宽度；

③采取光谱过滤技术：在 X 射线管头或影像增强器的窗口处放置合适铝、铜或合金过滤板，以消除软 X 射线及减少二次散射，优化有用 X 射线谱；设备提供适应射线装置不同应用时所可以选用的各种形状与规格的准直器隔板和过

滤板材料。影像增强器前配置滤线栅，以减少散射影像。

④采用脉冲透视技术：在透视图像数字化基础上实现脉冲透视（如每秒 25 帧、12.5 帧、6 帧等可供选择），改善图像清晰度，可减少透视剂量；

⑤采用图像冻结技术：每次透视的最后一帧图像被暂存并保留在监视器上显示，即称之为图像冻结，此技术可缩短总透视时间，达到减少不必要的照射；

⑥本项目 DSA 透视开关为常断式，并配有透视限时装置；机房内具有工作人员在不变换操作位置情况下能成功切换透视和采集功能的控制键；

⑦配备辐射防护设施：配有0.5mm铅当量的悬挂式铅玻璃及床侧铅帘，在设备运行中可用于加强对有关人员的保护。

（2）场所设计安全措施

①受检者防护门处设计有工作状态指示灯，且工作状态指示灯与门能有效联动，防止无关人员误入机房，导致误照射；

②各防护门表面设计有电离辐射警告标志、中文警示说明，提醒人员注意射线，防止误照射；设置闭门装置，可使防护门时刻处于常闭状态；

③DSA控制室控制台、机房内机器操作面板上各设计有1个急停按钮，按下急停按钮X射线即可停止出束，当设备误照射或故障时能够及时的中断照射；

④机房设置有观察窗，可有效观察到患者和受检者状态及防护门开闭情况；安装1套监控和对讲系统，可实时监控DSA机房内情况；

⑤平开机房门设有自动闭门装置，推拉式机房门设有曝光时关闭机房门的管理措施，并设置防夹装置。

本项目DSA手术室拟设置的辐射安全防护措施根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）进行分析，详见表10-2。

表 10-2　DSA 手术室拟设置的辐射安全防护措施

机房名称	项目	拟设置情况	评价
DSA机房	电离辐射警告标志	拟在受检者防护门、辐射工作人员防护门、污物间防护门上各设置 1 个	符合要求
	放射防护注意事项告知栏	拟在受检者防护门处张贴放射防护注意事项	
	工作状态	拟在各防护门上方设置醒目的工作状态指示灯，防护门与指	

	指示灯	示灯有效关联	
	门灯联锁	拟在各防护门上方设置门灯联锁装置，门开灯灭、门关灯亮	
	警示语句	拟在各防护门设置“射线有害，灯亮勿入”警示语句	
	闭门装置	受检者防护门拟设置电动推拉门，并拟设置自动门锁和防夹装置；污物间防护门和辐射工作人员防护门拟设置平开门，并拟设置手动锁止装置和自动闭门装置	
	急停装置	控制室控制台、机房内设备操作面板上各设置 1 个急停按钮并有明显标志，供紧急停止使用	
	监控和对讲系统	机房设置有观察窗，可有效观察到患者和受检者状态及防护门开闭情况；安装 1 套监控和对讲系统，可实时监控 DSA 机房内情况	
	操作规程	在操作台旁的墙上张贴操作规程	

经对照分析可知，DSA机房设置的防辐射的屏蔽措施能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中的相关技术要求。

介入手术需要长时间的透视和大量的摄片，对病人和医务人员来说辐射剂量较高，因此在评估介入放射的效应和操作时，其辐射损伤必须要加以考虑。由于需要医务人员在机房内，X射线球管工作时产生的散射线对医务人员有较大影响，根据辐射防护“三原则”，医院还应在以下方面加强对介入放射的防护工作：

a）操作中减少透视时间和减少照相的次数可以显著降低工作人员的辐射剂量，介入人员在操作时应尽量远离检查床。

b）一般说来，降低病人的剂量的措施可以同时降低工作人员的辐射剂量，应加强对介入人员的培训，包括放射防护的培训，参与介入的人员应该技术熟练、动作迅速，以减少病人和介入人员的剂量。

c）所有在介入放射机房内的工作人员，并不仅限于介入手术医生，包括周围护理人员，都应开展个人剂量监测，医院应结合工作人员个人剂量监测的数据采取措施，控制和减少工作人员的受照剂量。

d）引入的DSA及配套设备必须符合国际的或者国家的标准，满足各种特殊操作的要求，其性能必须与操作性质相符合；设备应该常规调节到满足低剂量的有效范围内，并尽可能提高图像质量。

e）介入人员应该结合DSA设备的特点，了解一些降低剂量的方法，比如采用小照射野、低频率脉冲透视等方法。

f）加强DSA设备的质量保证工作，设备的球管与高压发生器、透视和数字

成像的性能以及其它相关设备应该定期进行检测。

g）临床介入手术时，介入医生需站在DSA床边操作，仅依赖于医务人员身着铅衣、机器自带的铅吊帘等防护设备被动防护。一般来说，床下球管机对医务人员的辐射剂量，由头、颈、胸至腹部呈现剂量逐渐上升的趋势，故操作人员除个人防护用品（铅衣、铅围脖、铅帽及铅眼镜等）外，应着重考虑X射线机操作侧的屏蔽，该屏蔽要做到既不影响操作者的操作，又能达到防护目的，且能消毒。如：床侧立地防护屏、防护手术手套、床侧竖屏及床上防护屏、床下吊帘、床侧吊帘、床上防护覆盖板等。以上组合屏蔽防护措施的使用，能够有效降低介入手术医务人员的吸收剂量，尤其是胸部以下部位屏蔽效果在80%以上。

（3）监测仪器和个人防护用品

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，使用Ⅱ类射线装置的单位应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。医院拟为本项目配备辐射检测仪1台、个人剂量报警仪4台，数量能满足工作需要。本项目拟配备的个人防护用品情况如下表10-3。

表 10-3 本项目配备个人防护用品

人员类型		标准要求	本项目每台 DSA 装置配置情况	是否符合要求
工作人员	个人防护用品	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	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套、铅防护服各 4 件	符合
	辅助防护设施	铅悬挂防护屏/铅防护吊帘、床侧防护屏/床侧防护帘 选配：移动铅防护屏风	铅悬挂防护屏或铅防护吊帘 1 件，床侧防护帘或床侧防护屏 1 件，移动铅防护屏风 1 件	符合
患者和受检者	个人防护用品	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	成人及儿童铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、阴影屏蔽器具各 1 件	符合
	辅助防护设施	——	——	符合
注：GBZ130 要求：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 0.25 mmPb；介入防护手套铅当量应不小于 0.025 mmPb；甲状腺、性腺防护用品铅当量应不小于 0.5 mmPb；移动铅防护屏风铅当量应不小于 2 mmPb。				

本项目介入手术一般由医师和护士在DSA机房内操作，单台手术医师和护士

人数不超过3人，故辐射工作人员的个人防护用品数量可以满足要求。拟为辐射工作人员配备铅衣（不低于0.5mm铅当量）、铅围脖（不低于0.5mm铅当量）、铅帽（不低于0.5mm铅当量）、介入防护手套（不低于0.025mm铅当量）及铅眼镜等个人防护用品，同时还配备铅悬挂防护屏（不低于0.5mm铅当量）、床侧防护帘（不低于0.5mm铅当量）、移动铅防护屏风（不低于2mm铅当量）等辅助防护设施，拟配备的防护用品及辅助防护设施的铅当量满足GBZ 130-2020要求。

医院拟为本项目DSA工作人员配备双个人剂量计，可得到铅衣内外的个人剂量值，进而根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）中6.2.4公式（4）计算出有效剂量，每三个月及时对剂量计送检。医院拟定期组织辐射工作人员进行健康体检，并将按相关要求建立辐射工作人员个人剂量监测档案和职业健康监护档案。

三废的治理

本项目运行期间不产生放射性废气、废液以及固体废物。

（1）工作人员和部分病人产生的生活污水，由院内污水处理站统一处理达标后排放至市政污水管网。

（2）DSA机房空气在X射线作用下分解产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，通过机械排风系统排入大气，常温常压常态下，臭氧可自行分解为氧气，对周围环境影响较小。

（3）本项目DSA手术过程中产生的棉签、纱布、手套、器具等医疗废物暂存在机房内的废物桶，手术结束后统一集中分类收集，作为医疗废物委托有资质单位进行处置。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目DSA机房建设阶段涉及到机房改造、建筑装修、设备安装等，在项目的建设过程中，应采取污染防治措施，减轻对医院及周边地区的环境影响。机房建设时将产生施工噪声、扬尘和建筑垃圾污染，建设施工时对环境会产生如下影响：

（1）大气：本项目在建设施工期需进行的机房改造、建筑装修等作业，各种施工将产生地面扬尘，另外机械和运输车辆作业时排放废气和扬尘，但这些方面的影响仅局限在施工现场附近区域。针对上述大气污染采取以下措施：a.及时清扫施工场地，并保持施工场地一定的湿度；b.车辆在运输建筑材料时尽量采取遮盖、密闭措施，以减少沿途抛洒；c.施工路面保持清洁、湿润，减少地面扬尘。

（2）噪声：整个建筑施工阶段，建筑设备在运行中将产生不同程度的噪声，对楼上住院病人、医护人员等人群造成一定的影响。因此，在施工时严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）标准，尽量使用噪声低的先进设备，同时在施工过程中，避免在中午休息时间施工，另外考虑夜间医院住院病人较多，严禁夜间进行噪声作业。本项目施工工期相对较短，在严格执行噪声标准，并且合理安排施工时间的情况下，噪声对周围医生及病人等人群的环境影响是暂时的。

（3）固体废物：施工期间，产生一定量以建筑垃圾为主的固体废弃物，委托有资质的单位清运，并做好清运工作中的装载工作，防止建筑垃圾在运输途中散落。

（4）废水：项目施工期间，会有少量含有泥浆的建筑废水产生，对这些废水不可随意外排，统一收集后由医院进行处理。

综上所述，建设工程在施工期的环境影响是短暂的、可逆的，随着施工期的结束而消失。施工单位应严格按照有关规定采取上述措施进行污染防治，并加强监管，使本项目施工对周围环境的影响降低到最小。

运行阶段对环境的影响

1 DSA机房的屏蔽防护铅当量厚度与标准要求的相符性分析评价

1.1 评价标准

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）表3规定，C形臂X射线设备机房有用线束方向、非有用线束方向屏蔽体的铅当量均应不小于2.0mmPb。

1.2 本项目DSA机房各屏蔽部位的铅当量厚度核算

由表10-1，本项目DSA机房使用的屏蔽材料除铅和3mmPb硫酸钡水泥以外，还涉及顶棚（有用线束投射方向）和地板（非有用线束投射方向）的混凝土。本项目按最大管电压125kV主束或有用线束方向的极端条件核算DSA机房各屏蔽部位屏蔽材料的等效铅当量厚度。

1）混凝土、实心砖的等效铅当量厚度核算：

按照GBZ 130-2020中C.1.2 b）给出的计算公式进行计算：

$$X=\frac{1}{\alpha\gamma}\ln\left(\frac{B^{-\gamma}+\frac{\beta}{\alpha}}{1+\frac{\beta}{\alpha}}\right) \qquad (11-1)$$

式中：X—不同屏蔽物质的铅当量厚度；

α、β、γ—相应屏蔽物质对相应管电压X射线辐射衰减的有关的拟合参数；

B—给定铅厚度的屏蔽透射因子；给定铅厚度的屏蔽透射因子B值对照GBZ 130-2020中C.1.2a）相应要求采用给出的计算公式进行计算：

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

式中：B—给定铅厚度的屏蔽透射因子；

α、β、γ—铅对相应管电压X射线辐射衰减的有关的拟合参数；

X—铅厚度。

由GBZ 130-2020中表C.2查取125kV管电压工况下X射线辐射衰减的有关的拟合参数，列于表11-1：

表11-1 125kV管电压工况下X射线辐射衰减的有关的拟合参数

管电压	屏蔽材料	α	β	γ
125kV（主束或有用线	铅	2.219	7.923	0.5386

束）	混凝土	0.03502	0.07113	0.6974

本项目机房屏蔽部位涉及的混凝土按公式11-2、公式11-1计算其屏蔽透射因子B、铅当量厚度，计算结果列于表11-2。

表11-2 混凝土屏蔽透射因子B、铅当量厚度计算结果

屏蔽材料	屏蔽透射因子B	铅当量厚度X（mm）
120mm混凝土	3.21E-03	1.44

1.3 DSA机房的屏蔽防护铅当量厚度与标准要求的相符性

根据前述各屏蔽材料的等效铅当量厚度核算情况，可对本项目DSA机房屏蔽体等效铅当量进行汇总，结果见下表：

表11-3 本项目DSA机房辐射防护设计一览表

防护设计	设计参数		等效铅当量（最大管电压 125kV）	标准要求（GBZ 130-2020）	符合性分析
DSA 机房屏蔽防护设计	四周屏蔽体	轻钢龙骨+4mm 铅板	4.0mm	有用线束方向铅当量和非有用线束方向铅当量均应≥2mm 铅当量	符合
	顶板	120mm 混凝土楼板+2mm 铅板	3.44mm		符合
	地板	120mm 混凝土楼板+3mmPb 硫酸钡水泥	4.44mm		
	防护门	嵌 4mm 铅板	4.0mm		符合
	观察窗	4mmPb 铅玻璃	4.0mm		符合
	机房面积	有效面积：6.5m×8.5m=55.25m^2 单边最小长度：6.5m		最小有效面积不小于 20m^2，单边长度不小于 3.5m。	符合

通过表11-3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（含楼上楼下）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。从X射线放射诊断场所的屏蔽方面考虑，本评价项目各机房的防护设施满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中的相关防护设施的技术要求。

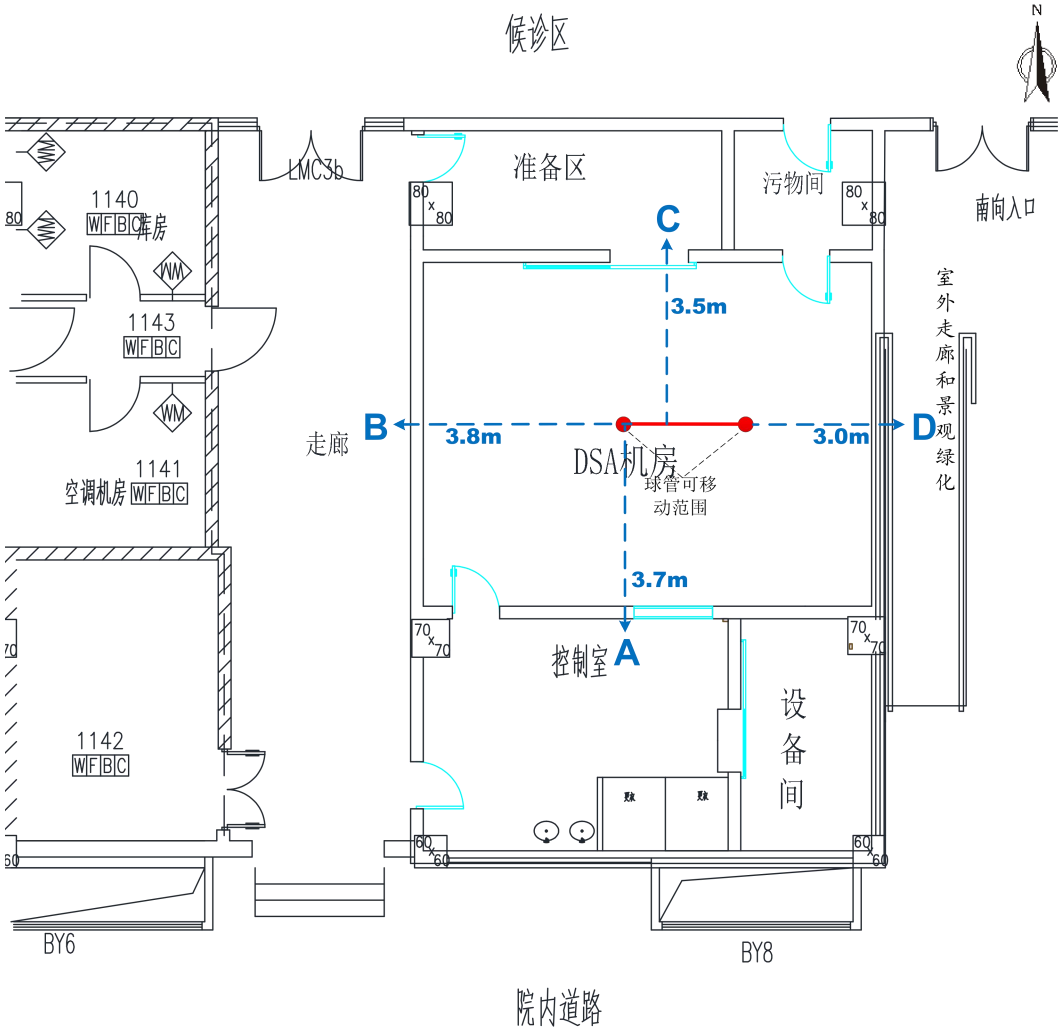
2 DSA机房内外的辐射影响预测

为了进一步评价屏蔽效果辐射防护效果，采用理论预测的方法进行影响分析。本项目DSA的辐射影响情况见表11-4。

表11-4 本项目DSA的辐射影响情况

操作模式	正常运行时最大工况	辐射影响对象
采集模式	80kV/500mA	机房外公众、控制室操作人员
透视模式	80kV/20mA	机房外公众、控制室操作人员；机房内介入治疗操作人员

根据医院提供资料，DSA为单球管，球管离地高度为30cm，沿治疗床方向可移动距离约2.5m，本项目取医生手术位、控制室操作位、各防护墙外30cm处、铅防护门外30cm处、楼上离地1m处、楼下离地1.7m处为预测点位，同侧防护当量相同情况下仅预测距离最近点位，同侧距离相同情况下仅预测防护当量最小处。预测点位及辐射源点至机房屏蔽体外表面的最近距离示意图见图11-1。



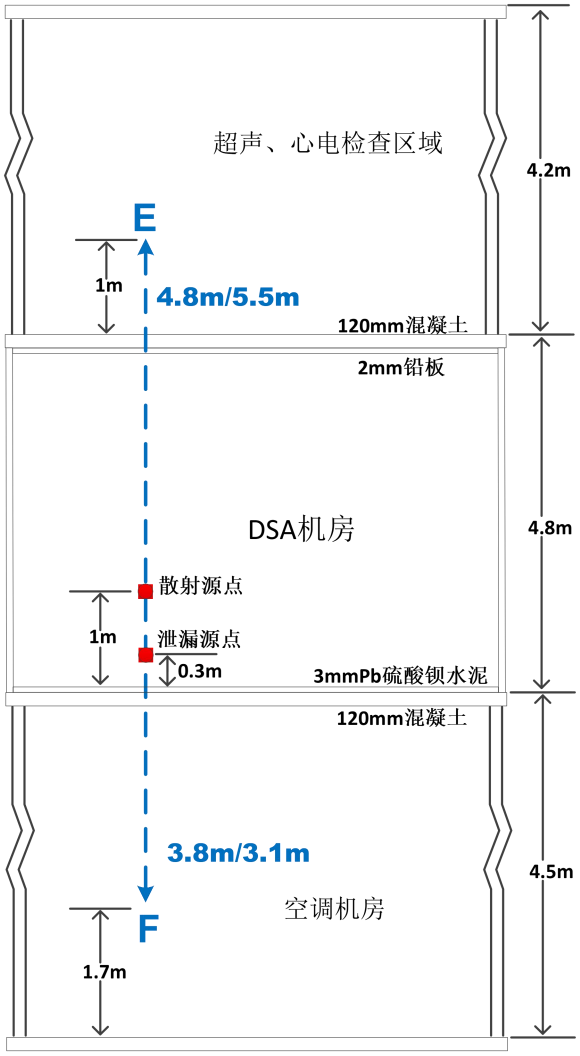


图11-1　本项目机房周围预测点示意图

表11-5　DSA辐射源点至机房内外关注点的距离

关注点		关注点位置	点位相关场所	辐射源点至关注点的最近距离（m）
机房外	A	南侧机房外30cm	控制室、设备间、工作人员防护门外30cm、铅玻璃外30cm	3.7
	B	西侧机房外30cm	走廊	3.8
	C	北侧机房外30cm	患者防护门外30cm、准备区、污物间、污物间防护门外30cm	3.5
	D	东侧机房外30cm	室外走廊和景观绿化	3.0
	E	楼上离地1m处	超声、心电检查区域	散射4.8/泄漏5.5
	F	楼下离地1.7m处	空调机房	散射3.8/泄漏3.1
机房内		第一术者位		0.5
		第二术者位		1.0

本项目DSA机房各侧屏蔽体主要考虑散射辐射和泄漏辐射的影响。以下公式根据李德平、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）等公式演化而来。

①病人体表散射屏蔽估算

$$H_S = \frac{H_0 \cdot I \cdot a \cdot B_s \cdot \left(\frac{S}{400}\right)}{(d_0 \cdot d_s)^2} \cdot K \qquad (11-3)$$

式中：

H_S——预测点处的散射剂量率，μSv/h；

H_0——X 射线机发射率常数，（当管电流为 1mA 时，距离阳极靶 1m 处由主束产生的比释动能率），$mGy \cdot m^2 \cdot mA^{-1} \cdot h^{-1}$；具体数值可根据 X 射线机管电压、过滤片等条件从《辐射防护导论》附图 3 查取，按本项目正常使用的最大管电压为 80kV、过滤片为 2.5mmAl 的条件从《辐射防护手册》（第三分册）P58 图 3.1 查得 H_0 为 $0.05mGy \cdot mA^{-1} \cdot s^{-1}$，即 $180000\mu Gy \cdot m^2 \cdot mA^{-1} \cdot h^{-1}$；

I—管电流，mA；本项目透视、采集模式下正常使用的最大管电流分别取 20mA、500mA；

a——人体对 X 射线的散射照射量与入射照射量之比值，由《辐射防护手册（第一分册）》表 10.1 中查取。本项目最大常用管电压为 80kV，对于散射线向机房四侧墙体投射的情况，从《辐射防护手册》（第一分册）表 10.1 中采用内插法查取散射角 90º时 80kV 对应的 *a* 值为 0.0008（该取值适用于机房四侧和术者位关注点相应预测计算）；对于散射线向机房顶面、地面投射的情况，因《辐射防护手册》（第一分册）表 10.1 中无散射角 180º的数据，表中所列散射角中以 135º最接近 180º，故从该表中散射角为 135º、管电压为 70kV、100kV 对应的 a 值采用内插法求取 80kV 对应的 a 值为 0.0016（该取值适用于机房顶面、地面关注点相应预测计算）；

S——主束在受照人体上的散射面积，考虑手术需要的最大照射面积，本项目常用照射面积取20×20=400cm^2；

d_0——源至受照点的距离，本项目取d_0取最小值0.38m；

d_s——病人与预测点的距离，m，见表11-5；

B_s——屏蔽材料对散射线的透射因子，无量纲，计算公式见式11-2。此处散

射线是指本项目最大常用管电压（80kV，即0.08MV）下有用线束（初级X射线）的散射线，其能量偏保守取有用线束侧向（散射角θ=90º）的一次散射线能量，可借鉴康普顿散射定律计算一次散射线能量E与入射的初级X射线能量E_0之比值$E/E_0=1/[1+E_0（1-\cos\theta）/0.511]=1/[1+0.08×（1-\cos90º）/0.511]=0.865$，继而计算一次散射线能量E对应的kV值为80kV×0.865=69.2kV，近似取为70kV，再从NCRP47号报告附表C.1中查取对应于70kV（散射）的α、β、γ数值，具体见表11-6：

表 11-6 铅对 70kV 管电压 X 射线辐射衰减的有关拟合参数

管电压	α	β	γ
70kV（散射）	5.369	23.49	0.5883

K——有效剂量与空气比释动能转换系数，Sv/Gy，查《外照射放射防护剂量转换系数标准》（WS/T 830-2024）附录G表G.2，按前述90º方向一次散射线能量对应的kV值为70kV，利用内插法得*K*值取1.60。

将DSA机房屏蔽体和手术间内介入操作人员防护用品与辅助防护设施的铅当量厚度X、有关的拟合参数α、β、γ值代入公式11-2，计算相应的散射辐射屏蔽透射因子值，列于表11-7。

表 11-7 DSA 机房屏蔽体、介入操作人员防护用品屏蔽散射透射因子计算结果

关注点		关注点位置		铅当量厚度mmPb	*Bs*
机房外	A	南侧机房外30cm		4.0	2.7E-11
	B	西侧机房外30cm		4.0	2.7E-11
	C	北侧机房外30cm		4.0	2.7E-11
	D	东侧机房外30cm		4.0	2.7E-11
	E	楼上离地1m处		3.44	5.46E-10
	F	楼下离地1.7m处		4.44	2.54E-12
机房内		第一术者位	铅帘+铅衣	1.0	2.84E-04
			铅帘	0.5	5.35E-03
		第二术者位	铅帘+铅衣	1.0	2.84E-04
			铅帘	0.5	5.35E-03

散射辐射各预测点散射辐射剂量率计算结果列表见表11-8。

表 11-8 DSA 机房散射辐射各预测点散射辐射剂量率计算结果

工作模式	关注点位置描述		H_0	I	d_0	d_S	B_s	H_s
			μGy·m²·mA⁻¹·h⁻¹	mA	m	m	/	μSv/h
采集	A	南侧机房外30cm	180000	500	0.38	3.7	2.70E-11	6.30E-08
	B	西侧机房外30cm				3.8	2.70E-11	5.97E-08

	C	北侧机房外30cm				3.5	2.70E-11	7.04E-08
	D	东侧机房外30cm				3.0	2.70E-11	9.58E-08
	E	楼上离地1m处				4.8	5.46E-10	3.78E-05
	F	楼下离地1.7m处				3.8	2.54E-12	2.81E-07
透视	A	南侧机房外30cm	180000	20	0.38	3.7	2.70E-11	1.57E-06
	B	西侧机房外30cm				3.8	2.70E-11	1.49E-06
	C	北侧机房外30cm				3.5	2.70E-11	1.76E-06
	D	东侧机房外30cm				3.0	2.70E-11	2.39E-06
	E	楼上离地1m处				4.8	5.46E-10	1.51E-06
	F	楼下离地1.7m处				3.8	2.54E-12	1.12E-08
	第一术者位（铅衣内）					0.5	2.84E-04	3.62E+01
	第一术者位（铅衣外）					0.5	5.35E-03	6.83E+02
	第二术者位（铅衣内）					1	2.84E-04	9.05E+00
	第二术者位（铅衣外）					1	5.35E-03	1.71E+02

②泄漏辐射剂量估算

泄漏辐射利用点源辐射进行计算，各预测点的泄漏辐射剂量率可用公式 11-4 进行计算。

$$H_L = \frac{H_i \cdot B \cdot 10^3}{R^2} \cdot K \qquad (11-4)$$

式中：

H_L—预测点处的泄漏辐射剂量率，μSv/h；

H_i—距靶点 1m 处的泄漏射线的空气比释动能率，mGy/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》“（77）用于诊断目的每一个 X 射线管必须封闭在管套内，以使得位于该套管内的 X 射线管在制造厂规定的每个额定值时，离焦点 1m 处所测得的泄漏辐射在空气中的比释动能不超过 1mGy/h”（在距离源 1m 处不超过 100cm^2 的面积上或者在离管或源壳 5cm 处的 10cm^2 面积上进行平均测量），以及《医用电气设备第 1-3 部分：基本安全和基本性能的通用要求并列标准：诊断 X 射线设备的辐射防护》（GB9706.103-2020）中 12.4 的相应要求，取本项目 DSA 离焦点 1m 处的泄漏辐射空气比释动能率透视和采集模式下均为 1.0mGy/h；

R—靶点距关注点的距离，m，见表 11-5；

B—屏蔽透射因子，按照公式 11-2 计算。由拟合曲线查取铅对 80kV 管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数α、β、γ值，见表 11-9；

表11-9 铅对80kV管电压X射线辐射衰减的有关拟合参数

管电压	屏蔽物质	α	β	γ
80kV	铅	4.040	21.69	0.7187

K—有效剂量与空气比释动能转换系数，Sv/Gy，查《外照射放射防护剂量转换系数标准》（WS/T 830-2024）附录 G 表 G.2，对于本项目 DSA 运行时常用最大管电压 80kV，K 值取 1.67。

泄漏辐射各预测点屏蔽透射因子计算结果见表 11-10。

表 11-10 泄漏辐射各预测点屏蔽透射因子计算结果

关注点		关注点位置		铅当量厚度mmPb	*B*
机房外	A	南侧机房外30cm		4.0	7.3E-09
	B	西侧机房外30cm		4.0	7.3E-09
	C	北侧机房外30cm		4.0	7.3E-09
	D	东侧机房外30cm		4.0	7.3E-09
	E	楼上离地1m处		3.44	7.01E-08
	F	楼下离地1.7m处		4.44	1.23E-09
机房内		第一术者位	铅帘+铅衣	1.0	1.43E-03
			铅帘	0.5	1.37E-02
		第二术者位	铅帘+铅衣	1.0	1.43E-03
			铅帘	0.5	1.37E-02

各预测点位泄漏辐射剂量率计算结果见下表11-11。

表 11-11 DSA 机房泄漏辐射各预测点泄露辐射剂量率计算结果

关注点位置描述		H_i	*R*	*B*	H_L
		mGy/h	m	/	μSv/h
A	南侧机房外30cm	1	3.7	7.3E-09	8.91E-07
B	西侧机房外30cm		3.8	7.3E-09	8.44E-07
C	北侧机房外30cm		3.5	7.3E-09	9.95E-07
D	东侧机房外30cm		3.0	7.3E-09	1.35E-06
E	楼上离地1m处		5.5	7.01E-08	3.87E-06
F	楼下离地1.7m处		3.1	1.23E-09	2.14E-07
第一术者位（铅衣内）			0.5	1.43E-03	9.55E+00
第一术者位（铅衣外）			0.5	1.37E-02	9.15E+01
第二术者位（铅衣内）			1	1.43E-03	2.39E+00
第二术者位（铅衣外）			1	1.37E-02	2.29E+01

（3）关注点处预测计算结果汇总

根据以上计算结果，DSA机房内外关注点处的辐射剂量率理论估算结果汇总见表11-12。

表11-12 DSA机房各个预测点的总附加剂量率

工作模式	关注点位置描述			散射辐射剂量率	泄漏辐射剂量率	总附加剂量率
				μSv/h	μSv/h	μSv/h
采集	A	南侧机房外30cm	控制室、设备间、工作人员防护门外30cm、铅玻璃外30cm	6.30E-08	8.91E-07	9.54E-07
	B	西侧机房外30cm	走廊	5.97E-08	8.44E-07	9.04E-07
	C	北侧机房外30cm	患者防护门外30cm、准备区、污物间、污物间防护门外30cm	7.04E-08	9.95E-07	1.07E-06
	D	东侧机房外30cm	室外走廊和景观绿化	9.58E-08	1.35E-06	1.45E-06
	E	楼上离地1m处	超声、心电检查区域	3.78E-05	3.87E-06	4.17E-05
	F	楼下离地1.7m处	空调机房	2.81E-07	2.14E-07	4.95E-07
透视	A	南侧机房外30cm	控制室、设备间、工作人员防护门外30cm、铅玻璃外30cm	1.57E-06	8.91E-07	2.46E-06
	B	西侧机房外30cm	走廊	1.49E-06	8.44E-07	2.33E-06
	C	北侧机房外30cm	患者防护门外30cm、准备区、污物间、污物间防护门外30cm	1.76E-06	9.95E-07	2.76E-06
	D	东侧机房外30cm	室外走廊和景观绿化	2.39E-06	1.35E-06	3.74E-06
	E	楼上离地1m处	超声、心电检查区域	1.51E-06	3.87E-06	5.38E-06
	F	楼下离地1.7m处	空调机房	1.12E-08	2.14E-07	2.25E-07
	第一术者位（铅衣内）			3.62E+01	9.55E+00	4.58E+01
	第一术者位（铅衣外）			6.83E+02	9.15E+01	7.75E+02
	第二术者位（铅衣内）			9.05E+00	2.39E+00	1.14E+01
	第二术者位（铅衣外）			1.71E+02	2.29E+01	1.94E+02

由表 11-12 结果分析知，DSA 机房外辐射工作人员关注点最大剂量率为 1.07×10^{-6}μSv/h，公众关注点剂量率最大为 4.17×10^{-5}μSv/h，出现在楼上离地 1m 处（超声、心电检查区域）。从预测结果可知，本项目 DSA 机房屏蔽设计能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。

3 辐射工作人员及周围公众个人剂量估算

（1）DSA机房周围公众、控制室辐射工作人员年有效剂量计算

DSA机房周围公众、控制室辐射工作人员年有效剂量计算根据联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）--2000年报告附录A公式计算：

$$H_{Er} = D_r \cdot T \cdot t \cdot 10^{-3} \qquad (11-6)$$

式中：

H_{Er}—X射线外照射年有效剂量当量，mSv/a；

D_r—关注点处X射线空气吸收剂量率，μSv/h；

T—居留因子；参考《辐射防护手册》（第三分册——辐射安全）（李德平编）P80，居留因子T 按三种情况取值：①全居留因子T=1，②部分居留T=1/4，③偶然居留T=1/16；

t—X射线年照射时间，h；

计算结果详见表11-14和表11-15。

表11-14　DSA机房周围公众及控制室辐射工作人员年附加有效剂量估算结果

工作模式	关注点位置描述		总附加剂量率 H_0	年工作时间 t	居留因子 T	年附加有效剂量 H_1
			μSv/h	h/a	/	mSv/a
采集	A	南侧机房外30cm	9.54E-07	11.6	1	1.11E-08
	B	西侧机房外30cm	9.04E-07	11.6	1/4	2.62E-09
	C	北侧机房外30cm	1.07E-06	11.6	1	1.24E-08
	D	东侧机房外30cm	1.45E-06	11.6	1/16	1.05E-09
	E	楼上离地1m处	4.17E-05	11.6	1	4.84E-07
	F	楼下离地1.7m处	4.95E-07	11.6	1/16	3.59E-10
透视	A	南侧机房外30cm	2.46E-06	93.3	1	2.30E-07
	B	西侧机房外30cm	2.33E-06	93.3	1/4	5.43E-08
	C	北侧机房外30cm	2.76E-06	93.3	1	2.58E-07
	D	东侧机房外30cm	3.74E-06	93.3	1/16	2.18E-08
	E	楼上离地1m处	5.38E-06	93.3	1	5.02E-07
	F	楼下离地1.7m处	2.25E-07	93.3	1/16	1.31E-09
注：同侧涉及多个不同功能用房，居留因子保守取最大者。						

各预测点位年附加有效剂量估算结果汇总于表11-15。

表11-15　职业人员及公众年附加有效剂量估算结果

关注点位置描述	不同模式下年附加有效剂量（mSv/a）	叠加年有效剂量（mSv/a）	人员类型

		采集	透视		
A	南侧机房外30cm	1.11E-08	2.30E-07	2.41E-07	职业人员
B	西侧机房外30cm	2.62E-09	5.43E-08	5.70E-08	公众人员
C	北侧机房外30cm	1.24E-08	2.58E-07	2.70E-07	公众人员
D	东侧机房外30cm	1.05E-09	2.18E-08	2.29E-08	公众人员
E	楼上离地1m处	4.84E-07	5.02E-07	9.86E-07	公众人员
F	楼下离地1.7m处	3.59E-10	1.31E-09	1.67E-09	公众人员

由表11-15可知，DSA机房四周公众的年附加剂量最大为9.86×10^{-7}mSv，满足公众年有效剂量约束值0.1mSv的要求；辐射工作人员的年有效剂量最大为2.41×10^{-7}mSv，满足工作人员年有效剂量约束值5mSv的要求。由此说明，本项目DSA机房的防护设计满足要求，其正常运行时产生的辐射影响在国家允许的范围以内。

（2）DSA机房内介入操作人员的外照射辐射年有效剂量计算

根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）中6.2.4佩戴铅围裙内外两个剂量计时，宜采用式（11-7）估算有效剂量：

$$E=\alpha Hu+\beta Ho \qquad \#(11-7)$$

其中：*E*—有效剂量中的外照射分量，单位为mSv；

α—系数，取0.79；

Hu—铅围裙内佩戴的个人剂量计测得的*Hp*（10），单位为mSv；

β—系数，取0.051；

Ho—铅围裙外锁骨对应的衣领位置佩戴的个人剂量计测得的*Hp*（10），单位为mSv。

辐射工作人员在透视模式下进入DSA机房进行操作，通过表11-13预测结果计算第一术者、第二术者年有效剂量，结果列于表11-16。

表11-16 介入操作人员年有效剂量估算结果

保护目标	α	β	辐射剂量率（μSv/h）		年照射时间（t/h）			年有效剂量E（mSv）		
			部位	合计	心脏介入	神经介入	综合介入	心脏介入	神经介入	综合介入
第一术者	0.79	0.051	铅衣内	4.58E+01	40	20	33.3	3.03	1.51	2.52
			铅衣外	7.75E+02						

第二术者			铅衣内	1.14E+01				0.76	0.38	0.63
			铅衣外	1.94E+02						

由表11-16，本项目DSA机房内第一术者位的年有效剂量分别为心脏介入3.03mSv、神经介入1.51mSv和综合介入2.52mSv，第二术者位的年有效剂量分别为心脏介入0.76mSv、神经介入0.38mSv和综合介入0.63mSv，均能满足工作人员年有效剂量约束值5mSv的要求。本项目护士在手术过程中护士承担记录手术情况、传递医疗器械及辅助医生手术的工作，既有同室操作又有隔室操作，同室操作时保守按照第二术者位的受照剂量，护士分为3组，则护士的年有效剂量不高于0.76mSv，满足工作人员年有效剂量约束值5mSv的要求。

对于介入手术，由于其实际工作中DSA透视工况及操作时间的不确定性，辐射工作人员需要依靠佩戴个人剂量计进行跟踪性监测才能准确的测定其受照剂量的大小，按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）要求进行佩戴，医院应加强对介入手术工作人员的个人剂量监测管理，在日常检测中发现个人剂量异常的，应当对有关人员采取保护措施，并在接到监测报告之日起五日内报告发证的生态环境、卫生部门调查处理。介入手术工作人员均按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）穿戴防护用品（铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套等），并充分利用自带的铅悬挂防护屏及床侧防护帘等做好自身防护，确保其年有效剂量满足标准限值要求。

4 保护目标年有效剂量估算

本项目DSA机房周围50m范围包括医疗综合大楼及其南侧、西侧院内道路和绿化空地，以及院外的震川高级中学。本项目保护目标主要为辐射工作人员、机房周围的医务人员、患者及患者家属。根据表11-15计算结果，DSA机房周围公众可达处最大年附加剂量为9.86×10^{-7}mSv，其他保护目标位置由于辐射影响的距离平方反比衰减规律以及墙体、楼体结构的屏蔽作用，最大年附加剂量小于9.86×10^{-7}mSv。因此本项目周围保护目标的年有效剂量能够满足0.1mSv的剂量限值要求。

综上所述，根据上述理论估算结果，本项目DSA机房在经实体屏蔽后，对DSA机房外辐射工作人员和周围公众的环境影响较小，同时在开展介入工作时，

在采取有效的辐射防护措施和医院良好的管理情况下，辐射工作人员的年有效剂量可以满足标准限值要求。

5 三废的治理评价

（1）废水

工作人员和部分病人产生的普通生活污水，由院内污水处理站统一处理。

（2）废气

DSA机房内的空气在X射线作用下分解产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体。DSA机房内拟设置动力通风装置，排风管从DSA机房穿越东侧屏蔽墙经墙上百叶窗排出室外。少量的臭氧、氮氧化物可通过动力通风装置排入大气，臭氧半衰期约22~25分钟，常温下可自行分解为氧气，对周围环境影响较小。

（3）固体废物

工作人员产生的生活垃圾，经分类收集后，将交由城市环卫部门处理，对周围环境影响较小。

本项目DSA手术过程中产生的棉签、纱布、手套、器具等医疗废物（月产生量约10kg）暂存在机房内的废物桶，手术结束后集中收集，作为医疗废物由医院统一委托有资质单位进行处置。

事故影响分析

1 风险识别

本项目为“使用Ⅱ类射线装置”核技术应用项目，营运中存在着风险和潜在危害及事故隐患。可能发生的辐射事故如下：

（1）DSA操作人员违反放射操作规程或误操作，造成意外照射；

（2）设备发生故障；

（3）机房屏蔽体脱落或出现裂缝，开机曝光时射线泄露，导致机房周围人员受到照射；

（4）其它医护人员还未全部撤离机房或操作时其他无关人员滞留机房内，即进行曝光，人员受到不必要的照射。所受到的照射剂量与其所在位置有关，距离射线装置越近，受照剂量越大；

（5）在防护门未关闭的情况下即进行曝光操作，可能给工作人员和周围活动的人员造成不必要的照射；

（6）医护人员开展介入治疗时，未穿防护服进行手术操作受到超剂量照射。

2 事故工况下辐射影响分析

DSA 装置用 X 光机关机时不会产生 X 射线，不存在影响辐射环境质量的事故，只有当设备开机时才会产生 X 射线等危害因素。DSA 装置用 X 光机 X 射线能量不大，曝光时间都比较短，为一般辐射事故。

3 辐射事故防范措施

对前述可能发生的事故情况，为了防止其发生，应采取多种防范措施：

①控制室操作台和机房内机器操作面板上均安装有紧急停机按钮，当设备出现错误或故障时，能中断照射，并有相应故障显示；

②机房防护门外醒目位置设置电离辐射警告标志及工作指示灯；

③必须按操作规程并经控制台确认验证设置无误时，才能由“启动”键启动照射；

④出束时，医生需确认机房内无其他闲杂人等、铅防护门正常关闭后才能开启曝光；

⑤辐射工作人员在进行放射工作时必须穿戴防护用品，并佩戴个人剂量计，严禁在无任何防护措施情况下进行曝光；

⑥曝光时，曝光方向严禁正对机房内医生所在位置。

上述各种安全装置，体现了《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定要求。有了以上安全防范设施、加上人员的正确操作和认真执行各种安全规章制度，即可减少或避免人员误入和超剂量照射事故的发生。

4 事故处理及应急预案

昆山宗仁卿纪念医院有限公司已成立放射事故应急处理领导工作小组，已制定《辐射安全事故应急预案》，该方案包含以下内容：明确了辐射安全与防护管理委员会的组织机构、组成人员和职责；明确了预防事故的措施、辐射事故应急

处理措施；明确了辐射事故的报告和善后处理内容、应急值班电话等内容。应急预案内容较为全面，在应对放射性事故和突发性事件时可行。

一旦发生辐射事故，应当立即启动本医院的辐射事故应急方案，采取必要应急措施，在 1 小时内向当地生态环境部门和公安部门报告，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫健行政部门报告。

通过制定和完善上述措施能有效防范和处置突发事故，将事故发生的概率和事故危害控制到最低限度。

5 事故预防措施

事故预防措施主要包括辐射安全管理和设备固有安全设施两方面。

（1）加强辐射安全管理

医院成立了“辐射安全与防护管理委员会”，统一管理医院内的辐射安全防护工作，负责有关正常工作条件的保障及解决放射实践中出现的各种防护问题。

（2）制定了各辐射工作场所工作制度

医院制定了各科室的工作制度，包括安全管理制度、工作人员培训制度和放射防护等规章制度。各辐射工作场所日常工作中应严格按照工作制度执行，防止辐射事故的发生。

（3）制定了辐射工作场所安全操作规程

本项目射线装置工作场所制定了详细的安全操作规程，医护人员在日常工作中严格按照操作规程进行操作，避免因误操作发生的辐射事故。

（4）加强人员的培训，考试（核）合格、持证上岗。

（5）通过正确操作和认真执行各项规定，减少或避免人员误照射和超剂量辐射事故发生。

（6）一旦发生误照射并导致人员受到超过年有效剂量限值，医院立即启动辐射事故应急预案，并采取应急措施。

以上的各种安全制度，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的相关要求。有了以上安全防范设施、加上人员的正

确操作和认真执行各种安全规章制度，可减少或避免辐射事故的发生，从而保证项目的正常运行，也保障了工作人员、公众的健康与安全。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2019年修正版）等有关法律法规要求，使用放射性同位素与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，或者至少有1名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；辐射工作人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。

建设单位已设置了辐射安全与环境保护管理机构，成立了辐射安全与防护管理委员会，并以文件形式明确委员会管理人员名单及职务。医院应根据本次新增1台DSA装置应用项目修订管理机构文件，明确医院相关辐射项目的管理人员及其职责，明确负责辐射安全与环境保护管理工作的专职人员，并将该项目辐射安全管理纳入全院的辐射安全管理工作中。

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》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的有关要求，使用放射源和射线装置的单位要“有健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急措施”。医院原已开展核技术利用项目，已制定有《医用 X 线射线辐射防护安全操作规程》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射防护与安全保卫制度》、《设备检修维护制度》、《射线装置台账管理制度》、《人员培训计划》、《个人剂量监测方案》、《辐射环境监测方案》、《辐射安全事故应急预案》、《血管造影机（DSA）操作规程》等规章制度，各项制度较完善，能够满足目前医院核技术利用项目开展的需要。

医院目前已许可 1 台 DSA 装置，已开展过介入诊疗工作，并积累了相关经验，医院应根据本项目新增 1 台 DSA 装置应用项目的特点及以下内容完善相关制度，并落实到实际工作中，严格执行，加强辐射安全管理。

1）操作规程：针对本项目DSA设备特点制定操作规程，明确辐射工作人员

的资质条件要求、操作过程中采取的具体防护措施及步骤，重点是工作时必须佩戴个人剂量计和剂量报警仪或检测仪器，避免事故发生。

2）岗位职责：明确与本次新增DSA相关的管理人员、射线装置操作人员、维修人员的岗位责任，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，并层层落实。

3）辐射防护和安全保卫制度：根据单位的具体情况制定辐射防护和安全保卫制度，规定专人负责实施DSA项目防护与安全保卫工作，定期对辐射防护与安全保卫相关的用品、仪器进行检查。

4）设备维修制度：明确DSA和辐射监测设备维修计划、维修的记录和在日常新建过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，并做好记录。确保射线装置、安全措施（警示标志、工作状态指示灯）、剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。

5）人员培训计划：明确了必须取得培训考核合格才能上岗的要求，对培训的周期、方式以及考核的办法等内容做了规定，但需根据管理要求做修订，并明确辐射管理人员也应该通过参加辐射安全和防护知识考核。本次新增辐射工作人员应通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：http：//fushe.mee.gov.cn）报名，报考类别为“医用X射线诊断与介入放射学”，通过考核后，方能满足辐射工作人员的岗位要求，辐射安全培训合格证书快到期人员也应当及时通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：http：//fushe.mee.gov.cn）报名，报考类别为“医用X射线诊断与介入放射学”，重新学习并通过相应考核后，方能继续从事辐射工作。

6）个人剂量监测方案和职业健康管理：明确了辐射工作人员开展辐射工作时应佩戴个人剂量计，个人剂量计定期送有资质部门进行监测，明确了个人剂量计的佩戴和监测周期，个人剂量监测结果及时告知辐射工作人员，使其了解其个人剂量情况，以个人剂量检测报告为依据，严格控制职业人员受照剂量，防止个人剂量超标；明确了辐射工作人员进行职业健康体检的周期，建立了个人累积剂量和职业健康体检档案。需将本次新增DSA涉及辐射工作人员纳入个人剂量监测

方案和职业健康管理中。

7）辐射环境监测方案：购置了相应的监测设备，明确日常工作的监测项目和监测频次，监测结果定期上报生态环境行政主管部门。每年对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年1月31日前在全国核技术利用辐射安全申报系统上提交上一年度的评估报告。需将本次新增DSA涉及辐射工作场所纳入辐射环境监测方案中。

8）辐射事故应急预案：明确各小组成员的职责与分工，以及应急事故处理相关的联系方式。在演练过程中发现问题能够及时解决，并在日常工作中对职工进行辐射防护知识的培训和安全意识教育，不断完善辐射安全管理制度，尽可能避免辐射事故的发生。制定应急人员的组织、培训和应急方案，辐射事故分类与应急响应的措施。

在落实上述要求后，医院的辐射安全管理制度能够满足相关法律法规及标准要求。

辐射监测

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2019年修正，2019年8月22日起施行）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部第18号令）及相关管理要求，医院应为辐射工作人员配备个人防护用品和个人剂量监测仪器，同时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，包括个人剂量报警仪、X-γ辐射监测仪等。

个人剂量报警仪应有足够的可靠性、灵敏度和准确度，在辐射水平较高或者可能突然升高的地方工作时，工作人员应使用个人剂量报警仪。医院应建立放射性诊疗项目的日常辐射监测方案，定期或不定期对项目中涉及的设备四周屏蔽措施进行检查；同时接受生态环境保护部门开展的辐射环境监督（监测）检查。项目运行过程中，每年应委托具有资质的监测单位对工作场所辐射情况进行监测，判断辐射影响是否处于有效屏蔽状态，防止意外发生。监测数据编入《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》，上报发证机关。

1 辐射工作人员个人剂量监测

医院拟为本项目的辐射工作人员配备个人剂量计，为机房内操作人员配备双剂量计，并严格规定其必须佩戴个人剂量计上岗，同时医院将在院内组织所有辐射工作人员加强相关辐射安全与防护方面的学习，加强辐射工作人员的安全意识，保证所有辐射工作人员均能够严格执行个人剂量监测的相关规定和方法，正确使用个人剂量计。定期（最长不得超过 3 个月）送检，建立个人剂量档案。个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。个人剂量档案应当长期保存。建设单位已按照相关要求，对本单位内辐射工作人员个人剂量档案保存，辐射工作人员可查看本人个人剂量档案。

环评要求：所有辐射工作人员应正确佩戴个人剂量计，建设单位应定期送检，所有辐射工作人员个人剂量计佩戴及送检时间不得超过三个月。个人剂量计的佩戴要求参照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019），具体要求如下：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；对于如介入放射学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，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）。

根据医院提供资料，医院为辐射工作人员配置了个人剂量计，并建立了个人剂量档案，并安排专人保管。医院已委托有资质单位进行个人剂量监测工作，监测周期3个月。

2 日常监测

建设单位拟为本项目配备 1 台 X-γ射线检测仪及 2 台个人剂量报警仪，用于辐射工作场所的常规辐射水平自行检测。当测量值高于参考控制水平时，建设单位将立即终止相关辐射工作并向辐射防护负责人报告，及时查找原因、整改到位后方可运行。

3 年度常规监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部第 18

号令）的相关规定，使用放射性同位素与射线装置的单位应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托经省级人民政府生态环境主管部门认定的环境监测机构进行监测。

建设单位原有核技术利用项目均委托有资质的监测机构，每年进行一次辐射防护性能监测，并记录存档。

本项目运行后，建设单位将及时将本项目 DSA 机房纳入监测范围内，严格执行年度监测计划。年度监测数据将作为本单位辐射安全和防护状况年度评估报告的一部分，于每年 1 月 31 日前上报生态环境行政主管部门。

4 竣工环境保护验收

医院应根据核技术利用项目的开展情况，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自主验收，自行或委托有能力的技术机构开展竣工验收监测，编制验收监测报告，建设单位可以组织成立验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式，协助开展验收工作。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。验收期限一般不超过3个月；需要对该类环境保护设施进行调试或者整改的，验收期限可以适当延期，但最长不超过12个月。

本次评价项目竣工后，建设单位应当按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的规定，组织对配套建设的环境保护设施进行验收。

5 本项目监测计划

针对本项目，医院计划制定如下辐射监测计划（表12-2），并将每次监测结果记录存档备查。

表12-2　工作场所监测计划一览表

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	X-γ射线空气吸收剂量率	1次/年	满足相关规定	防护门外、门缝、铅玻璃处、各侧屏蔽墙外30cm处、楼上楼下及周围需要关注的监督区	委托有资质单位监测
日常监测	DSA机房		1次/季度	X-γ射线检测仪		自行监测

验收监测	DSA机房		/	满足相关规定		委托有资质单位监测

环评要求：委托有资质监测单位进行监测时，其仪器必须在检定有效期内，监测工作人员必须持证上岗；对监测中出现辐射超标问题，应及时向院方提出，并提出整改意见，在院方整改完成后，进行复测，直至符合要求，提供满足要求的监测报告。医院自主监测时，所用仪器须按国家规定进行剂量检定，监测时须按《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）和《环境γ辐射剂量率监测技术规范》（HJ 1157-2021）制定监测方案及实施细则执行。

辐射事故应急

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等相关规定，辐射事故应急预案应明确以下几个方面：

①应急机构和职责分工；

②应急的具体人员和联系电话；

③应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；

④辐射事故发生的可能、分级及应急响应措施；

⑤辐射事故调查、报告和处理程序。

为有效预防、及时控制和消除辐射事故所致的危害，加强医院射线装置安全监测和控制等管理工作，保障辐射工作人员、受检者以及周围人员的健康安全，避免环境辐射污染，医院已制定《辐射安全事故应急预案》，该方案包含以下内容：明确了辐射安全与环境保护领导小组的组织机构、组成人员和职责；明确了放射性事故应急救援的原则、处理程序。

医院应根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《江苏省辐射污染防治条例》等要求，发生辐射事故的，应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要防范措施，在 1 小时内向所在地生态环境部门和公安部门报告，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，造成或者可能造成人员超剂量照射的，同时向卫生健康部门报告。事故发生后医院应积极配合生态环境部门、公安部门及卫生健康部门调查事故原因，并做好后续的工作。

环评要求：医院应将本项目纳入应急预案范畴，并对应急预案内容进行修订完善，明确预防事故的措施、辐射事故应急处理措施，明确辐射事故的报告和善后处理内容、应急值班电话等内容，并对应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备以及辐射事故发生的可能、分级及应急响应措施等方面做出规定，开展应急演练，加强应急预案的可操作性。医院应在今后工作中严格落实放射安全事件应急预案，并根据实际工作情况进行修订完善。

表 13 结论与建议

结论

1 项目概况

昆山宗仁卿纪念医院有限公司拟在医疗综合大楼南入口处西侧楼内一层闲置用房区域改造为一间数字减影血管造影机（简称 DSA 装置）机房及配套区域，并新增 1 台 DSA 装置，厂家型号为东软 NeuAngio 30F，单球管，最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA，属于 II 类射线装置，用于开展医疗诊断和介入治疗。

2 项目建设的必要性及产业政策符合性

本项目的建设，可为医院提供多种诊断、治疗手段，有着重要临床应用价值，可为患者提供放射诊断及介入治疗服务，并可提高当地医疗卫生水平。对照《产业结构调整指导目录（2024 年本）》、《江苏省工业和信息产业结构调整指导目录（2012 年本）》（2013 年修改），不属于“限制类”或“淘汰类”项目，符合国家和江苏省现行的产业政策。

3 实践正当性

本项目的运行，具有良好的社会效益和经济效益，经辐射防护屏蔽和安全管理后，本项目的建设和运行对受照个人或社会所带来的利益能够弥补其可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）“实践的正当性”的原则。

4 选址合理性

昆山宗仁卿纪念医院有限公司位于江苏省昆山市前进东路 999 号，西面为樾河北路，南面为震川高级中学和文峰园小区，东面为顺帆北路，北面为前进东路。

本项目 DSA 装置拟设置于昆山宗仁卿纪念医院有限公司医疗综合大楼一层 DSA 机房内，医疗综合大楼位于院内中间区域，医疗综合大楼位于院内中间区域，东侧为医院二期项目、地面停车场和院内道路等，北侧为门诊入口、院内道路、广场和绿化，西侧为院内道路、地面停车场和锅炉房，南侧为室外走廊和景观绿化、院内道路和医院围墙，围墙外为震川高级中学。

DSA 机房东侧为医疗综合大楼南入口室外走廊和景观绿化，北侧为本项目准备区和污物间，西侧为走廊，南侧为本项目控制室和设备间，正上方为二层超声、心电检查区，正下方为负一层空调机房。机房采取了保守的辐射屏蔽方案：机房四周屏蔽体采用轻钢龙骨+4mm 铅板，地板采用 120mm 混凝土楼板+3mmPb 硫酸钡水泥，顶板采用 120mm 混凝土楼板+2mm 铅板，观察窗和防护门均为 4mm 铅当量，可有效屏蔽射线漏出。该项目 DSA 设备用于介入治疗及影像诊断，技师在控制室通过观察窗隔室操作，介入治疗时，相关医师在床边进行同室近台操作；设备曝光时，护士等其他人员均不在机房内滞留。以 DSA 机房为中心，项目 50m 评价范围包括医疗综合大楼及其南侧、西侧院内道路和绿化空地，以及南侧院外的震川高级中学。因此，本项目 DSA 机房、控制室与设备间分开单独布置，区域划分明确，项目布局合理。

本项目评价范围内不涉及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区。对照《江苏省国家级生态保护红线规划》（苏政发〔2018〕74 号）、《江苏省生态空间管控区域规划》（苏政发〔2020〕1 号），本项目拟建址评价范围内不涉及江苏省国家级生态保护红线、江苏省生态空间管控区域和昆山市生态空间管控区域。根据《江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案》（苏政发〔2020〕49 号），本项目拟建址评价范围内不涉及江苏省内优先保护单元。

5 辐射环境现状

本项目 DSA 机房拟建址周围环境γ辐射剂量率为（68~120）nGy/h（扣除宇宙射线响应值后），处于江苏省环境天然γ辐射（空气吸收）剂量率水平涨落范围内。

6 环境影响评价

本项目拟采取的辐射防护屏蔽措施适当，符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）相关要求。根据预测结果，在落实本报告提出的各项辐射安全与防护措施的情况下，本项目投入运行后对辐射工作人员和公众所受辐射剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中对职业

人员和公众年有效剂量限值要求以及本项目年有效剂量约束值要求（职业人员年有效剂量不超过5mSv，公众年有效剂量不超过0.1mSv）。

7 辐射安全防护措施

本项目DSA开机期间，产生的X射线为主要辐射环境污染因子。本项目DSA机房有效面积、最小单边长度均大于标准要求，其四面屏蔽体、顶棚、地坪、防护门以及观察窗均采取了辐射屏蔽措施，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。

辐射防护设施：机房防护门上方设置有工作状态指示灯，且门灯联锁；设置电离辐射警告标识和文字说明；设置对讲和监控系统；设置紧急停机按钮等一系列安全联锁装置。配备相应的铅衣、铅围脖等个人防护用品并配置铅屏风，为辐射工作人员配备了个人剂量计和个人剂量报警仪等；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。

在严格落实以上辐射安全措施，并在实际工作中规范操作后，本项目的辐射安全措施能够满足辐射安全防护的要求。

8 辐射安全管理

昆山宗仁卿纪念医院有限公司已设置了辐射安全与环境保护管理机构，成立了辐射安全与防护管理委员会，并以文件形式明确小组管理人员名单及职务。医院应根据相关法律条例及本报告提出的要求对现有辐射安全管理制度进行补充完善。本项目拟配备10名辐射工作人员，10名辐射工作人员均需取得辐射安全培训合格证书或考试合格后方可上岗。

昆山宗仁卿纪念医院有限公司拟为本项目配备1台辐射剂量巡测仪和2台个人剂量报警仪，用于DSA日常运行时机房外的辐射水平进行监测；医院拟定期（不少于1次/年）委托有资质的单位对本项目辐射工作场所和周围环境的辐射水平进行监测；在开展介入手术期间，医院辐射安全管理人员应定期对介入机房周围的辐射水平进行监测，并做好相关记录；本项目辐射工作人员已佩戴个人剂量计监测累积剂量，定期（不少于1次/三个月）送有资质部门进行个人剂量测量，并建立个人剂量档案。医院每两年安排辐射工作人员进行职业健康体检，并建立职

业健康档案。

综上所述，昆山宗仁卿纪念医院有限公司新增1台DSA装置应用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，该医院将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和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，从环境保护角度论证，本项目的建设和运行是可行的。

建议和承诺

（1）医院在办理环评手续后，应及时申请《辐射安全许可证》。

（2）根据相关法律法规，落实“三同时”制度，委托专业单位进行本项目的防护设施设计及施工改造，保证使用合格的防护材料，防护厚度及施工质量达到屏蔽设计的要求。

（3）落实环评报告表中提出的各项管理措施和辐射防护措施要求，配备环境 X-γ剂量监测仪及个人剂量报警仪，落实监测制度。

（4）建设项目工作人员持证上岗，按要求定期进行辐射防护知识的培训和考核、个人剂量监测和职业健康检查并建立档案。

（5）该项目运行中，应严格遵循操作规程，加强对操作人员的培训，杜绝麻痹大意思想，以避免意外事故造成对公众和职业人员的附加影响，使对环境的影响降低到最低。

（6）建设项目竣工后自主组织项目环境保护竣工验收，验收合格后才可正式运行。

（7）医院应于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

本项目竣工环境保护设施“三同时”验收一览表

项目	“三同时”措施	预期效果	预计投资（万元）
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，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；辐射工作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。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》相关要求。	/
辐射安全和防护措施	屏蔽措施：本项目 DSA 机房四周屏蔽体采用轻钢龙骨+4mm 铅板，地板采用 120mm 混凝土楼板+3mmPb 硫酸钡水泥，顶板采用 120mm 混凝土楼板+2mm 铅板，观察窗和防护门均为 4mm 铅当量。	满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》GB18871 2002）中对职业人员和公众受照剂量限值要求以及本项目的剂量约束值要求。	25
	安全措施：机房防护门上方设置有工作状态指示灯，且门灯联锁；设置电离辐射警告标识和文字说明；设置对讲和监控系统；防护门设置闭门装置、防夹装置，机房内外均设置紧急停机按钮。	满足《放射诊断放射防护要求》GBZ130-2020）的相关要求。	
人员配备	配置 10 名辐射工作人员。	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》要求。	2
	辐射工作人员在上岗前佩戴个人剂量计，并定期送检（两次监测的时间间隔不应超过 3 个月），加强个人剂量监测，建立个人剂量档案。		
	辐射工作人员定期进行职业健康体检（不少于 1 次/2 年），并建立辐射工作人员职业健康档案。		
监测仪器和防护用品	拟配备辐射巡测仪 1 台。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》有关要求。	6
	拟配备个人剂量报警仪 2 台。		
	DSA 介入治疗医生和护士配备铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜、介入防护手套等，同时设置铅悬挂防护屏或铅防护吊帘、床侧防护帘或床侧防护屏等。	满足《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》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》有关要求。	3
辐射安全管理制度	操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、辐射事故应急措施等制度根据环评要求，按照项目的实际情况，补充相关内容，建立完善、内容全面、具有可操作性的辐射安全规章制度，相关制度上墙。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》相关要求。	2
总计			38

表 14 审批

下一级环保部门预审意见： 公章 经办人 年　月　日
审批意见： 公章 经办人 年　月　日