核技术利用建设项目

南京鼓楼医院集团宿迁医院
新增 2 台 DSA 装置应用项目
环境影响报告表

南京鼓楼医院集团宿迁医院

2025 年 4 月

生态环境部监制

目　录

表 1 项目基本情况 ..... - 1 -
表 2 放射源 ..... - 11 -
表 3 非密封放射性物质 ..... - 11 -
表 4 射线装置 ..... - 12 -
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物） ..... - 13 -
表 6 评价依据 ..... - 14 -
表 7 保护目标与评价标准 ..... - 16 -
表 8 环境质量和辐射现状 ..... - 23 -
表 9 工程分析与源项 ..... - 29 -
表 10 辐射安全与防护 ..... - 38 -
表 11 环境影响分析 ..... - 55 -
表 12 辐射安全管理 ..... - 80 -
表 13 结论与建议 ..... - 88 -
表 14 审批 ..... - 94 -

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：内科楼三层平面布局图及 DSA 所在区域位置图

附图 5：内科楼三层 DSA 机房楼下、楼上所在区域图

附图 6：外科楼二层平面布局图及 DSA 所在区域位置图

附图 7：外科楼二层 DSA 机房楼下、楼上所在区域图

附图 8：内科楼三层 DSA 机房平面布局图

附图 9：外科楼二层 DSA 机房平面布局图

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：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：原有核技术利用项目环保手续

附件 7：医院辐射工作人员个人剂量检测报告

附件 8：辐射安全管理机构、管理制度、应急预案

附件 9：医院上年度辐射工作场所监测报告（节选）

附件 10：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="8">南京鼓楼医院集团宿迁医院新增 2 台 DSA 装置应用项目</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设单位</td><td colspan="8">南京鼓楼医院集团宿迁医院</td></tr>
<tr><td colspan="2">法人代表</td><td colspan="2"></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="8">江苏省宿迁市宿城区黄河南路 138 号</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目建设地点</td><td colspan="8">宿迁市宿城区黄河南路 138 号南京鼓楼医院集团宿迁医院外科楼二层 DSA 机房、内科楼三层心脏介入 2 室</td></tr>
<tr><td colspan="2">立项审批部门</td><td colspan="3">/</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 colspan="2">项目环保投资（万元）</td><td></td><td colspan="2">投资比例（环保投资/总投资）</td><td>6.67%</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目性质</td><td colspan="4">☐新建☐改建☑扩建☐其他</td><td colspan="2">占地面积（m^2）</td><td>/</td></tr>
<tr><td rowspan="10">应用类型</td><td rowspan="2">放射源</td><td>☐销售</td><td colspan="7">☐I 类☐II 类☐III 类☐IV 类☐V 类</td></tr>
<tr><td>☐使用</td><td colspan="7">☐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="7">☐制备 PET 用放射性药物</td></tr>
<tr><td>☐销售</td><td colspan="7">/</td></tr>
<tr><td>☐使用</td><td colspan="7">☐乙☐丙</td></tr>
<tr><td rowspan="3">射线装置</td><td>☐生产</td><td colspan="7">☐II 类☐III 类</td></tr>
<tr><td>☐销售</td><td colspan="7">☐II 类☐III 类</td></tr>
<tr><td>☑使用</td><td colspan="7">☑II 类☐III 类</td></tr>
<tr><td>其他</td><td colspan="8">/</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

南京鼓楼医院集团宿迁医院始建于 1905 年美国长老会创办的“仁济医院”。2003 年 7 月 10 日由政府主导加盟南京鼓楼医院集团。医院于 2019 年 2 月通过

三级甲等综合医院评审。2021 年 7 月 12 日，由“南京鼓楼医院集团宿迁市人民医院”更名为“南京鼓楼医院集团宿迁医院”。

医院占地面积 90 亩，建筑面积 15.7 万平方米。配置 3.0 核磁共振、256 排螺旋 CT、DSA 等大型医疗设备。医院职工总数 2133 人，其中卫技人员 1900 人，临床 574 人，医技 256 人，护理 1070 人，行政后勤 233 人。高级职称 406 人，中级 690 人。博士 11 人，硕士 353 人，本科 1339 人，专科 347 人。

医院开放床位 1500 张，现有 32 个临床科室，44 个临床病区，10 个医技科室，其中江苏省临床重点专科及建设单位 3 个，宿迁市临床重点专科及建设单位 29 个，宿迁市医学重点学科及建设单位 13 个。2022 年诊疗人次 128 万余人，年出院病人 6.5 万人次。医院先后创建成为国家胸痛中心、国家脑防委高级卒中中心及中国创伤联盟创伤中心建设单位，江苏省危急重症孕产妇救治中心、江苏省区域胸痛、卒中、创伤救治中心，宿迁市胸痛、创伤、卒中、孕产妇及新生儿危急重症救治中心，宿迁市综合救援基地、宿迁市中毒救援基地。2020 年 12 月，获批国家第三批住院医师规范化培训基地。

为提升医院服务水平，扩展医疗服务项目，南京鼓楼医院集团宿迁医院拟将外科楼（地上二十层，地下一层）二层病理科区域改建为介入工作区域并新增 1 台数字减影血管造影机（以下简称 DSA 装置），拟在内科楼（地上九层，无地下层）三层预留心脏介入 2 室内新增 1 台 DSA 装置。本项目 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。

建设单位新增 2 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

序号	设备名称	厂家型号	类别	数量	最大管电压（kV）	最大管电流（mA）	工作场所	用途	来源
1	DSA 装置	PHILIPS Azurion 7M12	II 类	1	125	1000	内科楼三层心脏介入 2 室	影像诊断和介入治疗	新购
2	DSA 装置	西门子 Artis Q Ceiling	II 类	1	125	1000	外科楼二层 DSA 机房		

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南京鼓楼医院集团宿迁医院新增2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

南京鼓楼医院集团宿迁医院位于江苏省宿迁市宿城区黄河南路 138 号，本项目所在地理位置见附图 1。医院东侧为规划道路、空地与居民楼，南侧为卫生路，西侧为黄河南路，北侧为钟吾路，项目周围环境见附图 3。

本项目 2 台 DSA 装置拟分别设置于外科楼二层 DSA 机房、内科楼三层心脏介入 2 室内。外科楼位于院内东侧，内科楼位于院内中间位置，医院总平面布局示意图见附图 2。

外科楼二层 DSA 机房东侧为污物通道，南侧为设备间，西侧为洁净通道，北侧为控制室、刷手处，正上方为手术科手术室及配套洁净走廊、石膏间、切片室，正下方为核医学科；内科楼三层心脏介入 2 室东侧为设备间、耗材库，南侧为走廊，西侧为操作室，北侧临空，正上方为屋顶平台，正下方为设备机房；2 间机房四周墙体均采用轻钢龙骨+2mmPb 铅板+2mmPb 钡板，顶板和地板均采用 120mm 混凝土+2mmPb 铅板，观察窗和防护门均为 4mm 铅当量。本项目 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，相关医师和护士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 8、9。

本项目外科楼二层 DSA 机房 50m 评价范围分别包括项目所在的外科楼、南侧 20m 的住院综合楼、西侧 31m 的放疗中心、外科楼外机房 50m 范围内的院内道路、广场和停车场等区域以及院外东侧 21m 的空地、东北侧 43m 的南关新村居民楼。内科楼三层 DSA 机房 50m 评价范围包括项目所在的内科楼、西北侧 8m 的内科楼连廊、东侧 46m 的内科楼外科楼连廊、南侧 48m 的儿科楼、北侧 10m 的洗衣房、库房和内科楼外机房 50m 范围内的院内道路、广场和停车场等区域，不涉及院外区域。

3 原有核技术应用项目许可情况

南京鼓楼医院集团宿迁医院于 2023 年 4 月 4 日申请获得辐射安全许可证延续，发证单位为江苏省生态环境厅，证书编号为苏环辐证[00197]，有效期至 2027 年 7 月 30 日，活动种类和范围为：使用 V 类放射源；使用II类、III 类射线装置；使用非密封放射性物质；乙级、丙级非密封放射性物质工作场所。许可内容包含使用 1 枚 V 类 ^{90}Sr 放射源，核医学科使用 ^{99m}Tc、^{89}Sr、^{131}I、^{125}I 的乙级非密封工作场所以及使用 ^{125}I 粒籽的丙级非密封工作场所，使用医用直线加速器 1 台、DSA2 台以及 CT 等 III 类射线装置 17 台，医院辐射安全许可证详见附件 3。医院原有核技术利用项目均已履行环保手续，相关手续文件详见附件 6，现有核技术应用项目许可情况详见表 1-2~表 1-4。

表 1-2　现有放射源许可情况

序号	核素	类别	总活度（Bq）/活度（Bq）×枚数	工作场所	环保手续履行情况（审批文号/时间）
1	Sr-90	V 类	1.48×10^{9}*1	外科楼 1 楼	环评：苏环辐（表）审[2021]53 号/2021 年 11 月 26 日 验收：自主验收/2023 年 2 月 24 日

表 1-3　现有非密封放射性物质许可情况

序号	核素	日等效最大操作量（Bq）	年最大用量（Bq）	工作场所	场所等级	环保手续履行情况（审批文号/时间）
1	I-125	2.96×10^{5}	1.48×10^{11}	外科楼 1 楼	乙级	环评：苏环辐（表）审[2021]53 号/2021 年 11 月 26 日
2	I-131	1.11×10^{8}	3.7×10^{10}	外科楼 1 楼	乙级	
3	Sr-89	3.7×10^{7}	1.85×10^{9}	外科楼 1 楼	乙级	

4	Tc-99m	9.25×10^{6}	2.31×10^{12}	外科楼 1 楼	乙级	验收：自主验收/2023 年 2 月 24 日
5	I-125(粒子源)	2.96×10^{5}	1.48×10^{11}	医技楼 1 楼内影像科	丙级	

表 1-4　现有射线装置许可情况

序号	装置名称	规格型号	类别	场所	环保手续履行情况（审批文号/时间）
1	口腔 CBCT	New Tom Giano	III 类	门诊 4 楼	环评备案号：201732130200000018 /2017 年 3 月 28 日
2	医用直线加速器	Clinac ix	II 类	放疗中心	环评：苏环辐（表）审[2015]062 号/2015 年 9 月 6 日 验收：苏环核验[2017]064 号/2017 年 9 月 29 日
3	DSA	Allurexper FD20	II 类	内科楼 3 楼心内科	
4	DSA	Artis zee	II 类	门诊 2 楼	
5	SPECT/CT	Infinia VC Harkeye4 VCH	III 类	核医学科	环评：苏环辐（表）审[2021]53 号/2021 年 11 月 26 日 验收：自主验收/2023 年 2 月 24 日
6	骨密度仪	Discovery	III 类	核医学科	
7	碎石机	XYS. SUI-6C	III 类	门诊 3 楼	环评备案号：202332130200000122 /2023 年 8 月 21 日
8	DR	Digital Diagnost	III 类	外科楼 1 楼	环评：苏环辐（登记）审[2015]018 号/2015 年 6 月 验收：苏环核验[2017]064 号/2017 年 9 月 29 日
9	DR	Digital Diagnost	III 类	急诊 1 楼	
10	移动 DR	SM-50H FB-D	III 类	医技楼 1 楼内影像科	环评备案号：201732130200000018 /2017 年 3 月 28 日
11	牙片机	RAY68(M)	III 类	门诊 4 楼	
12	CT	Brilliance CT	III 类	急诊 1 楼	环评：苏环辐（登记）审[2015]018 号/2015 年 6 月 验收：苏环核验[2017]064 号/2017 年 9 月 29 日
13	乳腺 X 射线机	LORAD selenia	III 类	门诊 5 楼	
14	数字胃肠机	AXIOM Ｒ２００	III 类	门诊 2 楼	
15	CT	Brilliance iCT	III 类	外科楼 1 楼	
16	CT	SOMATOM Definition AS	III 类	门诊 1 楼	
17	DR	Digital Diagnost	III 类	门诊 1 楼	
18	CT 模拟定位机	Brilliance CT Big Bore	III 类	放疗中心	环评备案号：201932130200000187 /2019 年 6 月 20 日
19	C 臂机	OEC7900	III 类	手术室	环评：苏环辐（登记）审

20	C 臂机	OEC9900	II 类	手术室	[2015]018 号/2015 年 6 月 验收：苏环核验[2017]064 号 /2017 年 9 月 29 日

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，成立了放射防护管理小组，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《南京鼓楼医院集团宿迁医院辐射防护与安全管理制度》、《放射工作人员岗位职责》、《射线装置使用登记、台账管理制度》、《放射性同位素使用登记、台账管理制度》、《设备检修维护制度》、《南京鼓楼医院集团宿迁医院辐射环境监测计划》、《辐射防护与安全保卫制度》、《南京鼓楼医院集团宿迁医院辐射环境监测计划》、《南京鼓楼医院集团宿迁医院辐射工作人员培训管理制度》、《南京鼓楼医院集团宿迁医院辐射工作人员个人剂量检测管理制度》、《南京鼓楼医院集团宿迁医院放射工作人员健康管理制度》、《南京鼓楼医院集团宿迁医院DSA室岗位职责》、《血管造影机（DSA）操作规程》、《南京鼓楼医院集团宿迁医院辐射事故应急预案》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近200名，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。

根据相关标准要求，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，信宜市人民医院遵守了《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

本项目与医院依托关系及可行性分析详见表 1-5。

表1-5 本项目与医院依托关系表

依托工程		可行性分析
主体工程		本项目拟位于医院外科楼和内科楼内，内科楼三层心脏介入 2 室为预留房间，外科楼二层 DSA 机房由原有病理科区域改建，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		本项目需要外科楼二层原有病理科区域进行改建，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。
环保工程	废水	本项目共配备 22 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，项目所在内科楼、外科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》（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 2 间 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 22 名辐射工作人员，包括 12 名介入手术医生、6 名护士、4 名放射技师，本项目辐射工作人员部分由现有介入辐射工作人员调配，部分为新进人员，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，该 12 名介入手术医生和 6 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。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管理领导小组和放射事故应急工作领导小组，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。

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	PHILIPS Azurion 7M12	125	1000	影像诊断和介入治疗	内科楼三层心脏介入 2 室	新购
2	DSA 装置	II	1	西门子 Artis Q Ceiling	125	1000	影像诊断和介入治疗	外科楼二层 DSA 机房	新购

（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 30kg	约 360kg	/	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 $2m^3$	约 $24m^3$	/	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，自2017年12月5日起施行）； （11）《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（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）； （12）《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； （13）《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； （14）《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； （15）《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）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）； （6）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）； （7）《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：详见附图附件。

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南京鼓楼医院集团宿迁医院新增2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

本项目评价范围内大部分为医院内部区域，另涉及院外东侧南关新村居民楼和空地，该区域不涉及国家公园、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。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，建成后不会造成区域环境质量下降。

本项目外科楼二层 DSA 机房 50m 评价范围分别包括项目所在的外科楼、南侧 20m 的住院综合楼、西侧 31m 的放疗中心、外科楼外机房 50m 范围内的院内道路、广场和停车场等区域以及院外东侧 21m 的空地、东北侧 43m 的南关新村居民楼。内科楼三层 DSA 机房 50m 评价范围包括项目所在的内科楼、西北侧 8m 的内科楼连廊、东侧 46m 的内科楼外科楼连廊、南侧 48m 的儿科楼、北侧 10m 的洗衣房、库房和内科楼外机房 50m 范围内的院内道路、广场和停车场等区域，不涉及院外区域。

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	人员类型	保护要求
	本项目辐射	机房内、控制室、设备间、	内部、四周紧邻	11人	职业人员	剂量约

外科楼二层DSA机房	工作人员	刷手处等				束值＜5mSv/a
	患者及患者家属	机房西侧洁净通道	西侧紧邻	流动人员	公众人员	剂量约束值＜0.1mSv/a
	院内非辐射工作人员、其他公众人员	外科楼二层其他区域	DSA机房周围50m范围内二层其他区域	约50人	公众人员	
		外科楼三层~十五层（其中DSA机房正上方为三层的手术科手术室及配套洁净走廊、石膏间、切片室）	楼上	约800人	公众人员	
		外科楼一层和负一层（其中DSA机房正下方为核医学科）	楼下	约100人	公众人员	
		南侧住院综合楼	南侧20m~50m	约1000人	公众人员	
		西侧放疗中心	西侧31m~50m	约50人	公众人员	
		院内道路、广场和停车场等区域	外科楼外机房四周50m范围内	流动人员	公众人员	
	院外公众人员	院外东侧空地	东侧21m~50m	流动人员	公众人员	
		院外东北侧南关新村居民楼	东北侧43m~50m	约30人	公众人员	
内科楼三层DSA机房	本项目辐射工作人员	机房内、操作室、设备间、耗材库等	内部、四周紧邻	11人	职业人员	剂量约束值＜5mSv/a
	患者及患者家属	机房南侧走廊	南侧紧邻	流动人员	公众人员	剂量约束值＜0.1mSv/a
	院内非辐射工作人员、其他公众人员	内科楼三层其他区域	DSA机房周围50m范围内三层其他区域	约50人	公众人员	
		内科楼四层~九层（其中DSA机房正上方为屋顶平台）	楼上	约300人	公众人员	
		内科楼一层~二层（其中DSA机房正下方为设备机房）	楼下	约5人	公众人员	
		西北侧内科楼连廊	西北侧8m~50m	约50人	公众人员	
		东侧内科楼外科楼连廊	东侧46m~50m	约15人	公众人员	
		南侧儿科楼	南侧48m~50m	约20人	公众人员	
		北侧、东北侧洗衣房、库房等	北侧、西北侧10m~50m	约30人	公众人员	

		院内道路、广场和停车场等区域	内科楼外机房四周50m范围内	流动人员	公众人员	

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；

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。

11.4.3.2剂量约束值通常应在公众照射剂量限值10%~30%（即0.1 mSv/a~0.3 mSv/a）的范围之内。但剂量约束的使用不应取代最优化要求，剂量约束值只能作为最优化值的上限。

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3的要求。

6.2.4 距X射线设备表面100 cm处的周围剂量当量率不大于2.5 μSv/h时且X射线设备表面与机房墙体距离不小于100 cm时，机房可不作专门屏蔽防护。

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 个人防护用品好辅助防护设施配置要求

放射检查类型	工作人员		患者和受检者	
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施
介入放射学操作	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套 选配：铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏/铅防护吊帘、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 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：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。

4 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

注：测量值已扣除宇宙射线响应值；评价时采用“测量范围”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

南京鼓楼医院集团宿迁医院位于江苏省宿迁市宿城区黄河南路 138 号，本项目所在地理位置见附图 1。医院东侧为规划道路、空地与居民楼，南侧为卫生路，西侧为黄河南路，北侧为钟吾路，项目周围环境见附图 3。

南京鼓楼医院集团宿迁医院拟将外科楼二层病理科区域改建为介入工作区域并新增 1 台 DSA 装置，拟在内科楼三层预留心脏介入 2 室内新增 1 台 DSA 装置。外科楼位于院内东侧，内科楼位于院内中间位置，医院总平面布局示意图见附图 2。

外科楼二层 DSA 机房东侧为污物通道，南侧为设备间，西侧为洁净通道，北侧为控制室、刷手处，正上方为手术科手术室及配套洁净走廊、石膏间、切片室，正下方为核医学科；内科楼三层心脏介入 2 室东侧为设备间、耗材库，南侧为走廊，西侧为操作室，北侧临空，正上方为屋顶平台，正下方为设备机房。本项目 DSA 机房平面布置图详见附图 8、9。

本项目外科楼二层 DSA 机房 50m 评价范围分别包括项目所在的外科楼、南侧 20m 的住院综合楼、西侧 31m 的放疗中心、外科楼外机房 50m 范围内的院内道路、广场和停车场等区域以及院外东侧 21m 的空地、东北侧 43m 的南关新村居民楼。内科楼三层 DSA 机房 50m 评价范围包括项目所在的内科楼、西北侧 8m 的内科楼连廊、东侧 46m 的内科楼外科楼连廊、南侧 48m 的儿科楼、北侧 10m 的洗衣房、库房和内科楼外机房 50m 范围内的院内道路、广场和停车场等区域，不涉及院外区域。

本项目拟建 DSA 机房现状见图 8-1。



拟改建外科楼二层 DSA 机房（原病理科区域）



内科楼三层预留心脏介入 2 室



拟改建外科楼二层 DSA 机房楼上（屋顶平台）



内科楼三层预留心脏介入 2 室楼上（手术科手术室及配套洁净走廊、石膏间、切片室）



拟改建外科楼二层 DSA 机房楼下（设备机房）



内科楼三层预留心脏介入 2 室楼下（核医学科）



洗衣房、库房



内科楼连廊



内科楼外科楼连廊和外科楼



东侧院内道路、院外空地和南关新村居民楼

图 8-1 DSA 机房拟建址现状图

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，监测点位示意图见图 8-2，监测结果见表 8-1。

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：0.01μGy/h~200μGy/h；检定单位：上海市计量测试技术研究院 华东国家计量测试中心；检定证书编号：2024H21-20-5174204001；检定有效期：2024 年 04 月 10 日~2025 年 03 月 31 日）

监测日期：2024 年 09 月 26 日

监测因子：γ辐射剂量率

天气：阴

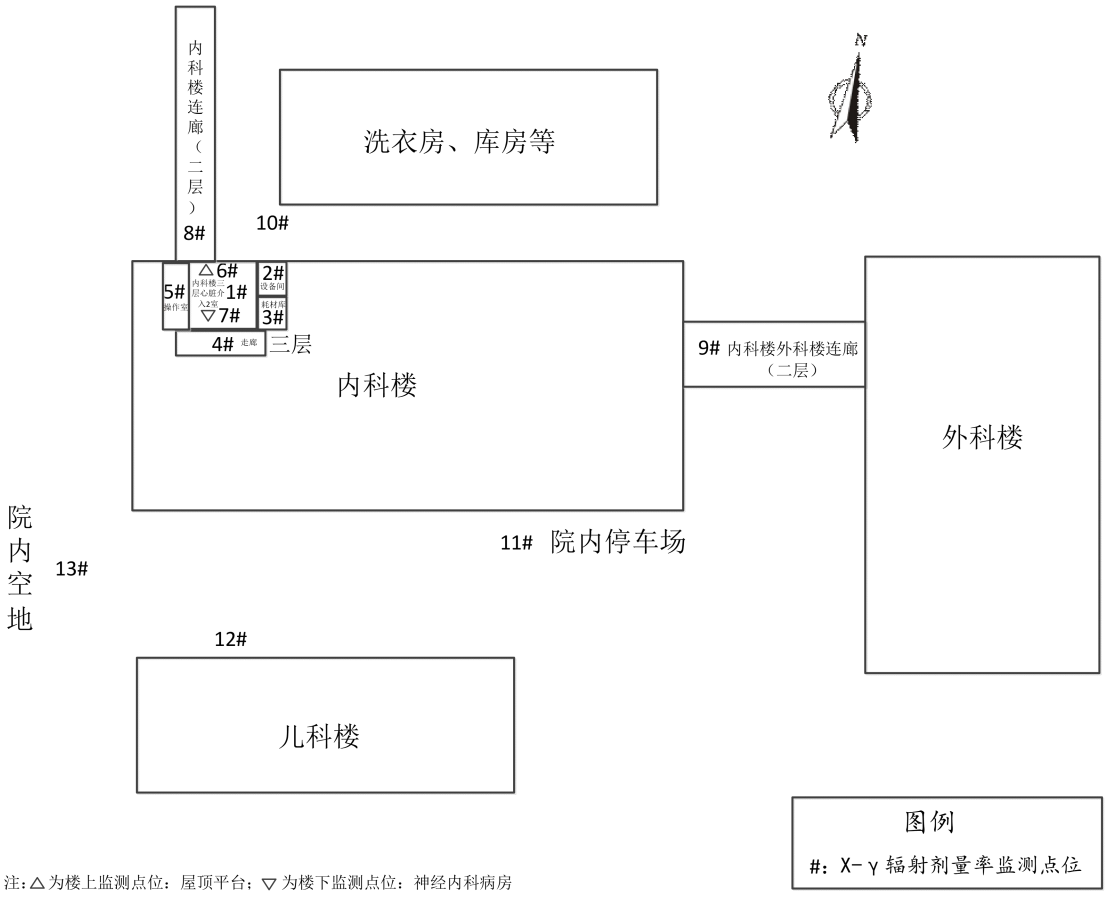
温度：27.1℃

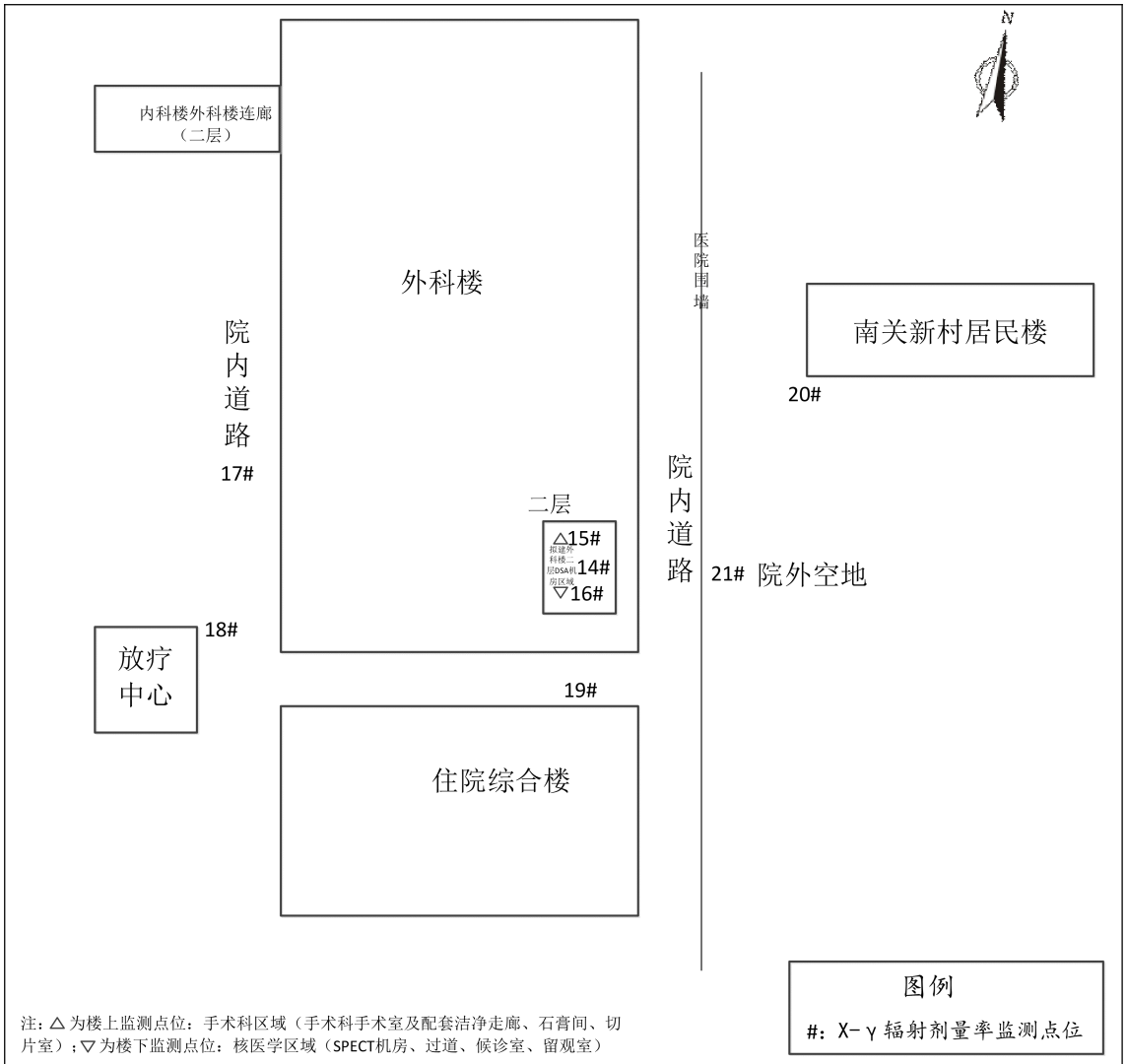
湿度：84.1%RH

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》（HJ61-2021）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。





注：△为楼上监测点位：手术科区域（手术科手术室及配套洁净走廊、石膏间、切片室）；▽为楼下监测点位：核医学区域（SPECT机房、过道、候诊室、留观室）

图 8-2 本项目 DSA 机房拟建址及周围辐射环境现状监测点位示意图

表 8-1 本项目 X-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#	内科楼三层心脏介入 2 室	83	5	楼房室内
2#	内科楼三层心脏介入 2 室东侧设备间	97	3	楼房室内
3#	内科楼三层心脏介入 2 室东侧耗材库	100	4	楼房室内
4#	内科楼三层心脏介入 2 室南侧走廊	94	2	楼房室内
5#	内科楼三层心脏介入 2 室西侧操作室	98	3	楼房室内
6#	内科楼三层心脏介入 2 室楼上屋顶平台	92	3	楼房室外
7#	内科楼三层心脏介入 2 室楼下神经内科病房	97	2	楼房室内
8#	内科楼连廊（二层）	104	4	楼房室内
9#	内科楼外科楼连廊（二层）	93	3	楼房室内
10#	洗衣房、库房等区域西南角	48	4	室外道路
11#	内科楼东南侧院内停车场	56	3	室外道路

12#	儿科楼北侧	48	4	室外道路
13#	内科楼西南侧院内空地	49	5	室外道路
14#	拟建外科楼二层 DSA 机房及配套介入工作区域巡测最大值	102	5	楼房室内
15#	外科楼二层 DSA 机房楼上手术科区域（手术科手术室及配套洁净走廊、石膏间、切片室）巡测最大值	103	6	楼房室内
16#	外科楼二层 DSA 机房楼下核医学区域（SPECT 机房、过道、候诊室、留观室）巡测最大值	107	7	楼房室内
17#	外科楼西侧院内道路	55	4	室外道路
18#	放疗中心东北角	61	6	室外道路
19#	住院综合楼北侧	58	2	室外道路
20#	南关新村居民楼西南角	56	6	室外道路
21#	东侧院外空地（距离外科楼约 21m）	67	3	室外原野

注：1、以上检测结果均已对宇宙射线的响应值进行修正（已扣除宇宙射线）。

2、以上检测点位距离地面约 1m。

3、数据处理公式：γ=k1*k2*γ-k3*c。

4、仪器检验源效率因子 k2：无仪器检验源，取 1。

5、建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子 k3：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 37nGy/h；测点的海拔高度 64m，地理经度为 118.298055°，地理纬度 33.945833°，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 c：37nGy/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：36.7642nGy/h，取整后结果为 37nGy/h。）

7、现状监测时，临近核技术利用项目（包含核医学科）未开展相关辐射工作。

由表 8-1 监测结果可知，本项目拟建场址及周围环境的γ辐射水平为室内（83～107）nGy/h、道路（48～61）nGy/h、原野 67nGy/h，对照江苏省环境天然贯穿辐射水平室内、道路、原野调查结果，本项目拟建场址及周围环境γ辐射水平均处于江苏省环境天然贯穿辐射水平范围内，属正常辐射水平。

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。南京鼓楼医院集团宿迁医院拟在外科楼二层 DSA 机房、内科楼三层心脏介入 2 室内新增 2 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	PHILIPS Azurion 7M12	西门子Artis Q Ceiling
场所	内科楼三层心脏介入2室	外科楼二层DSA机房
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	

2台DSA装置整体外观示意图如图9-1所示。



图 9-1（a） PHILIPS Azurion 7M12 整体外观图

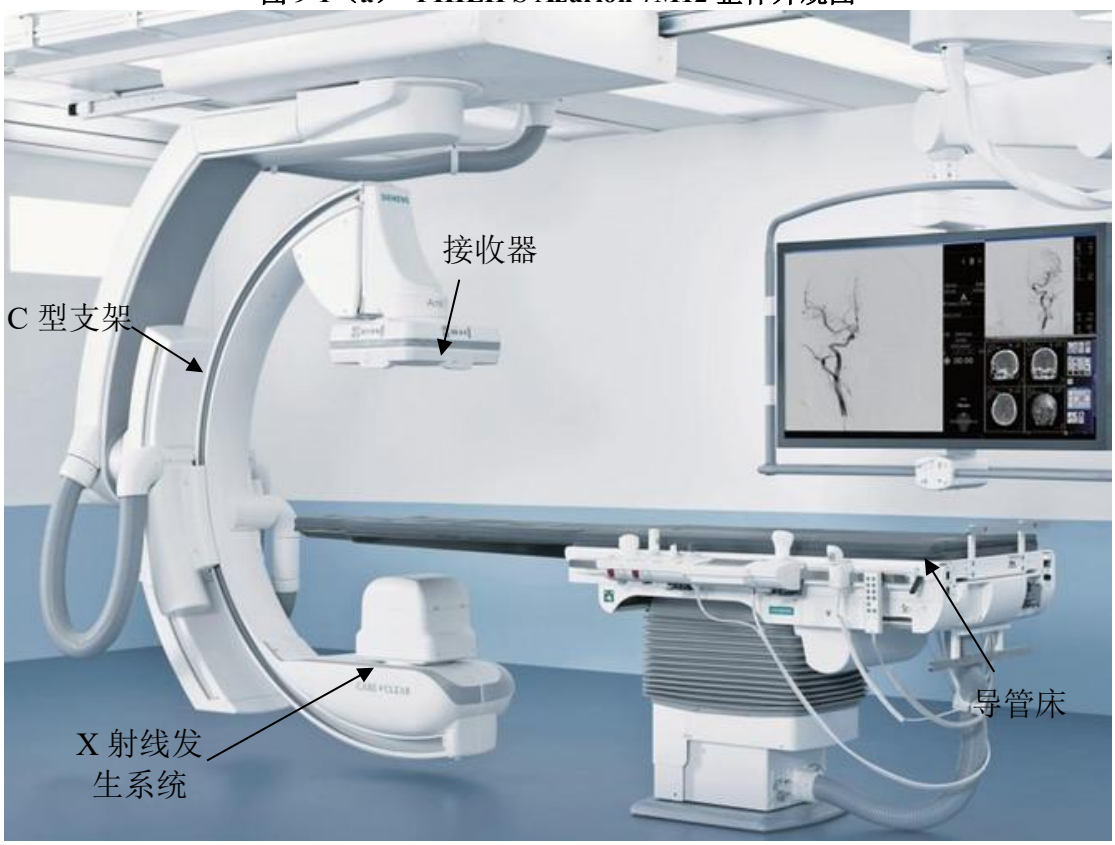


图 9-1（b） 西门子 Artis Q Ceiling 整体外观图

本项目每台 DSA 配套设备配置情况见表 9-2。

表 9-2 本项目每台 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	操作室/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 9-2，DSA 系统结构示意图见图 9-3。

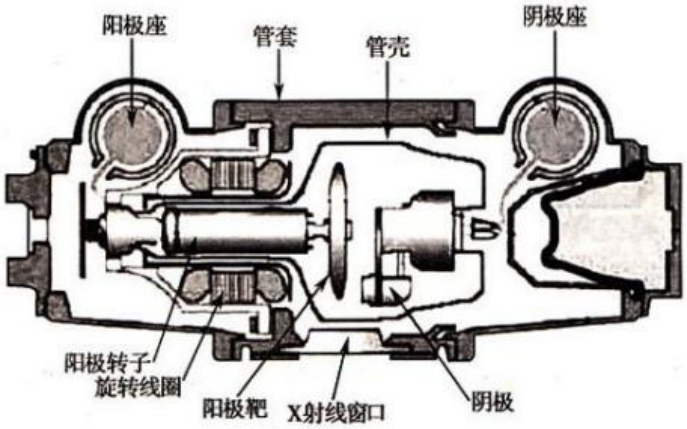


图 9-2 典型 X 射线管结构图

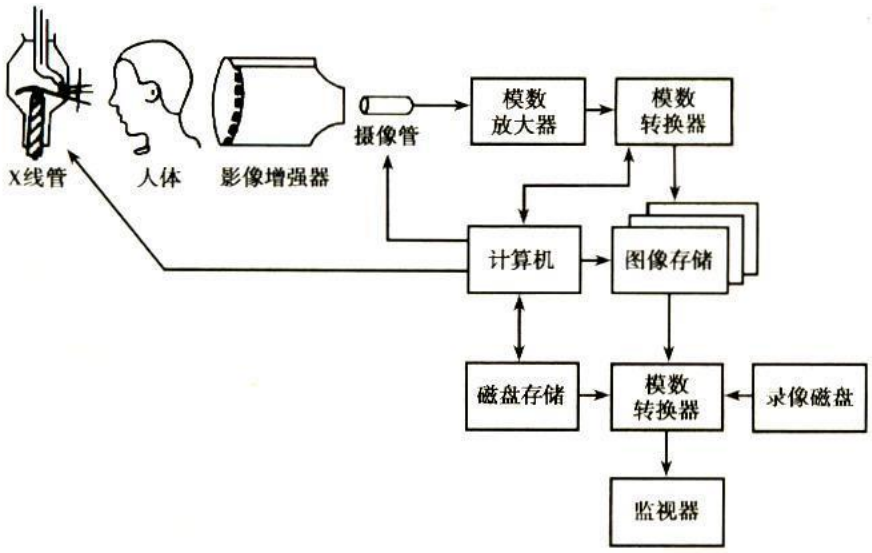


图 9-3 DSA 系统结构示意图

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。

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9-4所示。

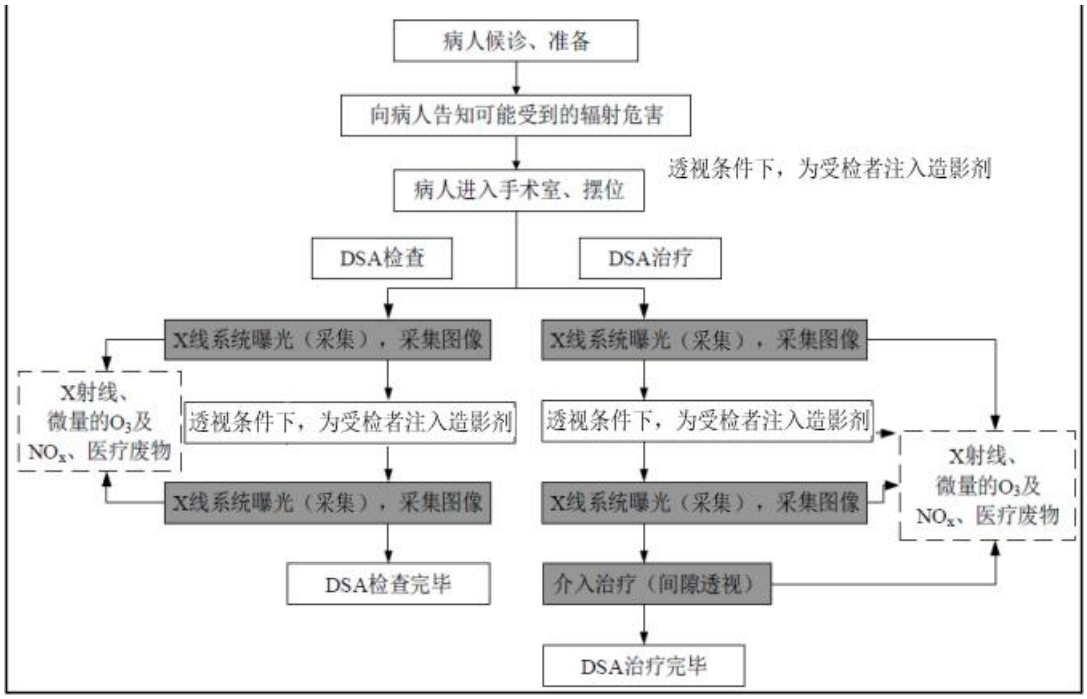


图 9-4　DSA 操作流程及产污环节示意图

4 人员配备和工作负荷

本项目新增两台DSA共配备22名辐射工作人员，其中医师12人，护士6人，技师4人。本项目辐射工作人员部分由现有介入辐射工作人员调配，部分为新进人员，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，该12名介入手术医生和6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。

手术期间，介入手术医师负责介入手术，透视时在DSA机房（或手术室）内进行介入手术，采集时在控制室内观察病人情况；手术护士负责术前准备和术中配合工作，介入手术时大部分时间同手术医生一样位于机房（或手术室）内，采集时在控制室内；操作技师在控制室负责DSA装置的操作。

根据医院提供的DSA工作负荷，本项目2台DSA装置每台年开展工作量600台，辐射工作人员年工作250天。

根据医院提供的资料，预估每台DSA的工作负荷情况见表9-3。

表9-3 预估每台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	200台	约8min	约26.7h
神经介入	200台	约12min	约40h
综合介入	200台	约10min	约33.3h
小计	/	/	约100h

（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	200台	0.5~1s	6~10次	约1min	约3.33h
神经介入	200台	0.5~2s	7~10次	约2min	约6.67h
综合介入	200台	0.5~1s	3~10次	约1min	约3.33h
小计	/	/	/	/	约13.3h
总计					约113.3h

透视时，医生、护士位于机房内，透视时年接触射线时间为100h，采集时，医生、护士位于控制室内，采集时年接触射线时间为13.3h；技师在操作台进行隔室操作设备，包括透视及采集，其年接触射线时间为113.3h。

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2台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采集，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裕量。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（60～80）kV/（100～500）mA。

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，本项目正常运行时最大电压为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：项目运行期不产生医疗废水，废水主要为工作人员产生的少量生活污水。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：项目运行期产生的固体废物主要为手术过程中产生的棉签、纱布、手套、器具等医疗废物，年产生量不超过360kg，以及少量生活垃圾。

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 2 台 DSA 装置拟分别设置于外科楼二层 DSA 机房、内科楼三层心脏介入 2 室内。本项目 2 间 DSA 机房出入口远离人流聚集区域，DSA 工作区域内仅医护人员和病人活动，无其他公众成员停留，方便对院内开展的辐射工作进行统一管理和监督。2 间 DSA 工作场所均设有单独的机房、控制室、设备间，机房与控制室、设备间分开单独设置，拟设置分别用于医护人员、病人进出和污物运送铅防护门，项目布局利于病患就医，人流、物流通道相对独立，其设置布局利于辐射防护安全控制。

DSA 装置拟位于 DSA 机房靠近中部位置，与周围均有一定的距离，机房和设备的布局考虑到了周围场所的安全。

本项目 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，相关医师和护士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。

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：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。**监督区：**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。

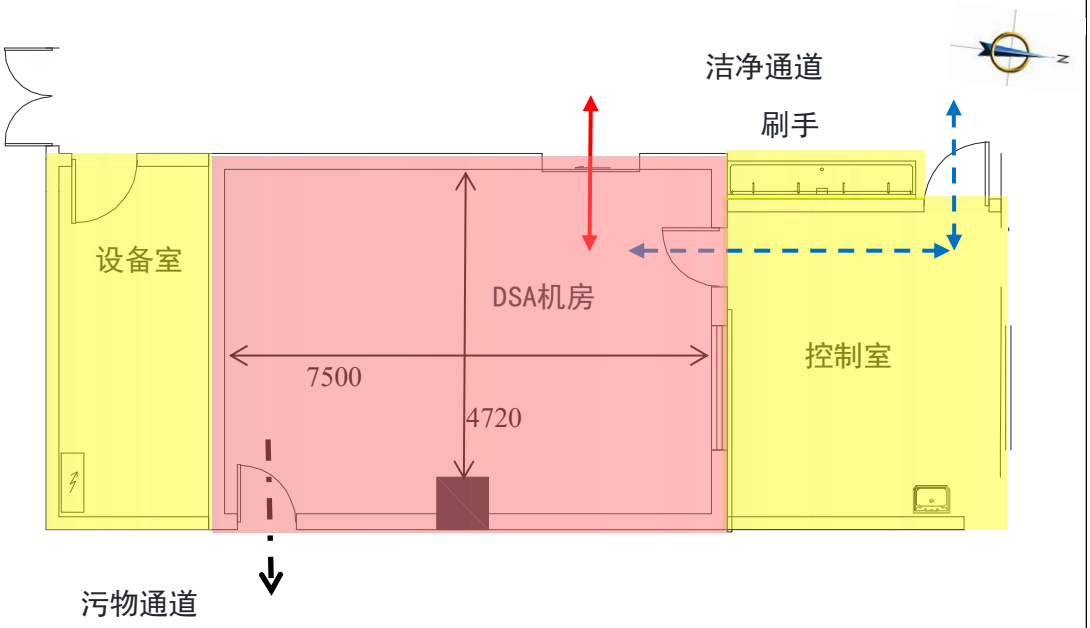
（2）本项目分区管理情况

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，结合项目诊治、辐射防护和环境情况特点，将机房采用实体边界的区域划为控制区；实体边界外规定区域划为监督区。本项目辐射工作场所控制区与监督区划分一览表 10-1。

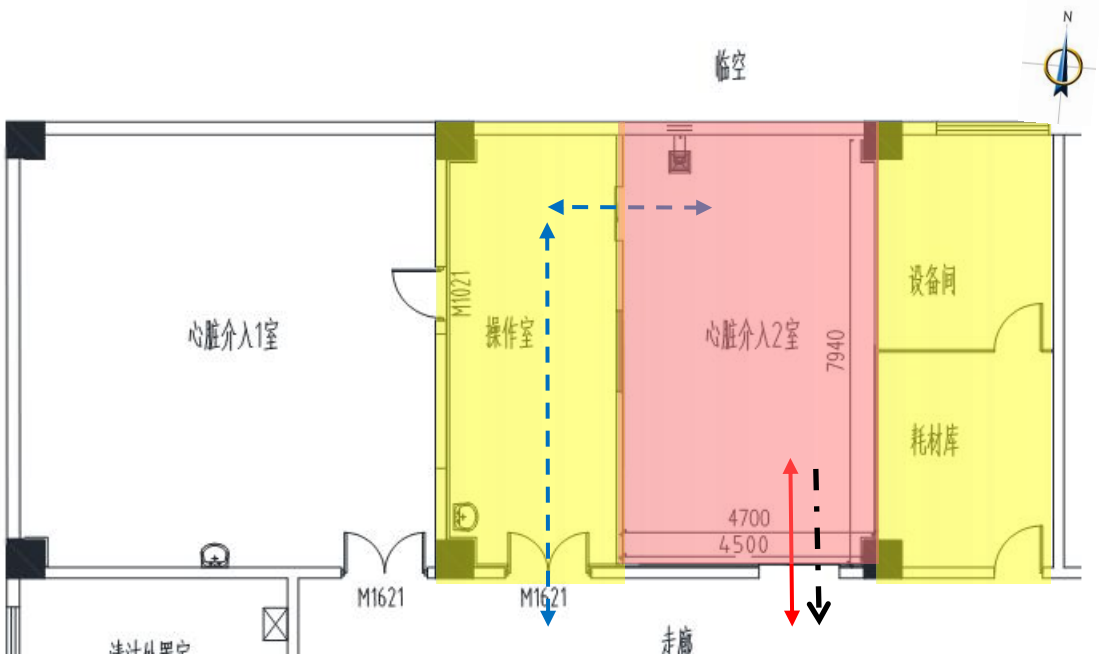
表10-1 本项目辐射工作场所控制区与监督区划分一览表

场所名称	控制区	监督区
外科楼二层DSA机房	机房内	控制室、刷手处、设备间
内科楼三层心脏介入2室	心脏介入2室内	操作室、设备间、耗材库

控制区和监督区划分情况见图10-1。



A 外科楼二层 DSA 机房



B 内科楼三层心脏介入 2 室

图例： 控制区 监督区

患者路径 工作人员路径 污物路径

图 10-1 机房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）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；

3）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；

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监督区标识或电离辐射警告标志；

2）无实体边界的监督区应采用适当的手段（如警示线）划出监督区的边界；

3）定期检查该区的条件，运行期间应加强对该区域的验收监测、日常监测和年度监测，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。

（3）路径规划

本项目属于专门的介入工作区域，相对独立，与其他场所不交叉。工作人员和患者有独立的路径通道，互不交叉。外科楼二层DSA机房手术期间产生医疗废物，待手术结束后，通过污物通道防护门从机房运出由医院统一运至院内医疗废物贮存点。内科楼三层心脏介入2室手术期间产生医疗废物，采用时间管理措施，待手术结束后，通过患者通道防护门从机房运出由医院统一运至院内医疗废物贮存点。

3 场所屏蔽设计

内科楼三层心脏介入2室为预留房间，外科楼二层DSA机房为病理科区域改造而成，该两处场所之前均未做辐射防护，本次改造对四周屏蔽体、顶棚和地板进行防护施工，并增设铅防护门、观察窗等，并对机房通风、电缆穿墙进行施工。

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10-2。

表 10-2 本项目 DSA 机房屏蔽防护情况一览表

机房设计		设计参数	
机房名称		外科楼二层 DSA 机房	内科楼三层心脏介入 2 室
机房尺寸	最小单边长度（m）	4.72	4.50
	有效使用面积（m^2）	35.40	35.73
屏蔽防护设计	四周屏蔽体	轻钢龙骨+2mm 铅板+2mmPb 钡板	轻钢龙骨+2mm 铅板+2mmPb 钡板
	顶板	120mm 混凝土+2mm 铅板	120mm 混凝土+2mm 铅板
	地板	120mm 混凝土+2mm 铅板	120mm 混凝土+2mm 铅板
	防护门	嵌 4mm 铅板	嵌 4mm 铅板
	观察窗	4mmPb 铅玻璃	4mmPb 铅玻璃
注：混凝土密度为 2.35g/cm^3，铅密度为 11.3g/cm^3。			

通过表10-2可知，本项目2间DSA机房面积、最小单边长度均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中的要求。

墙体防护施工时首先确定轻钢龙骨的固定位置，安装龙骨，膨胀螺栓固定，将铅板铺贴于龙骨框架表面，在铅板外层加装硫酸钡板，用自攻螺钉固定，接缝处填充钡水泥砂浆并抹平。顶板防护施工时首先清理混凝土顶面，铅板直接铺贴于混凝土基层，采用膨胀螺栓或结构胶固定，接缝处焊接处理。地板防护施工时首先混凝土地面清理，刷界面剂增强粘结力，铺设铅板，并在铅板上方浇筑50mm厚细石混凝土保护层用于地面保护。为避免射线泄漏，铅板接缝处需搭接50mm以上，采用焊接或专用铅胶带密封，确保无辐射泄漏。

为了避免辐射泄漏过大，各机房防护门设计和施工安装时，应尽量减小防护门与搭接墙体之间的缝隙，防护门与屏蔽墙、地面之间的搭接宽度至少应为门缝的十倍；门、窗与墙搭接处应采用相同厚度的铅板包裹，铅板用螺丝等固定时，固定处应采用相同厚度的铅板包裹进行屏蔽补偿；穿墙管道开口应避开辐射源和人员经常停留的地点。

4 机房电缆布设

穿墙电缆管线：DSA装置在机房内通过线缆与操作间/控制室、设备间连通，通过楼板洞口下穿楼板沿下层顶板敷设DSA装置基座正下方，然后穿过楼板至DSA机房内。拟采用直穿方式穿过屏蔽体，拟在下层顶板穿墙洞口位置包裹长度不低于2倍管径宽度的3mmPb铅皮，以进行屏蔽补偿，避免射线漏出。在采取上述措施后，穿过楼板部分不会影响墙体楼板的防护性能。线缆穿楼板走向示意图见图10-2，线缆穿线防护示意图见图10-3。

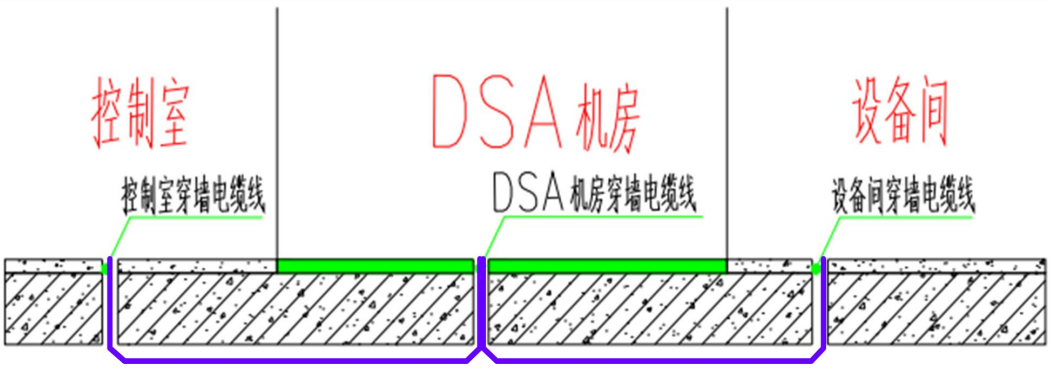
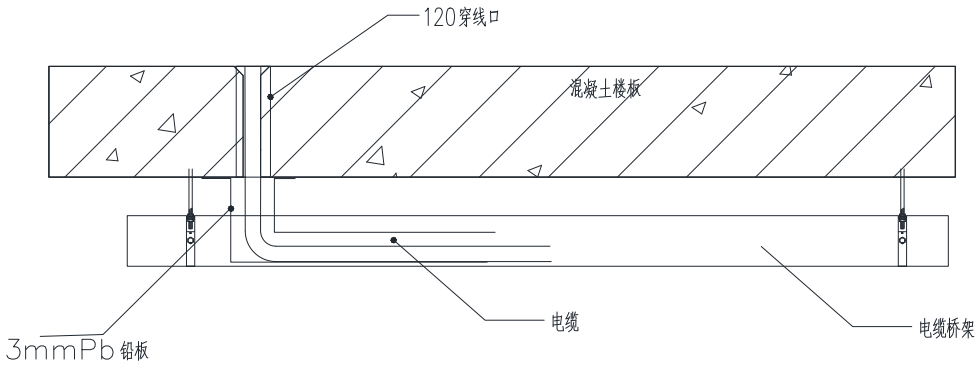


图10-2 线缆穿楼板走向示意图



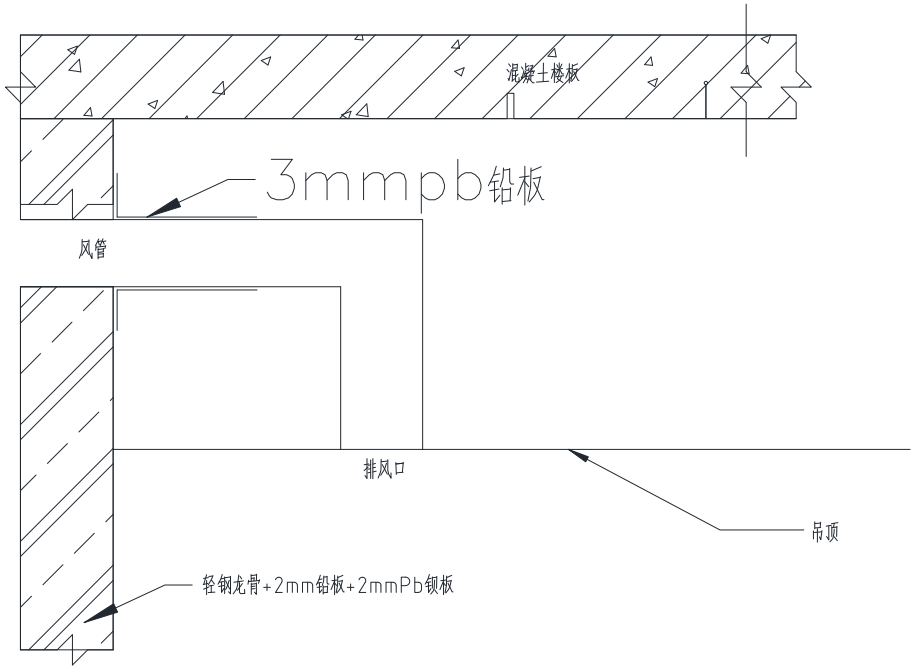
线缆穿线防护示意图

图10-3 线缆穿线防护示意图

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。内科楼三层心脏介入2室机房内吊顶上（吊顶离地高度3m）设置1个排风口，排风管道连接到北侧屏蔽墙排出室外，排气口高度约12.5米，排放口位于室外高空，临空，无人员聚集，利于扩散，位置合理。外科楼二层DSA机房内吊顶上（吊顶离地高度3m）设置1个排风口，排风管道出机房后经污物通道连接至南侧楼面排出室外，排气筒高度约8米，排放口位于室外高空，临空，无人员聚集，利于扩散，位置合理。排风管穿墙部分包裹长度不低于2倍管

径宽度的3mmPb铅皮，以进行屏蔽补偿，避免射线漏出。在采取上述措施后，穿墙部分不会影响屏蔽体整体的防护性能。2间机房均设置风量不低于500m³ /h风机，机房通风换气次数约为4.7次/h，风管穿越屏蔽墙体示意图见图10-4。内科楼三层心脏介入2室和外科楼二层DSA机房排风口及排风管道走向示意图见图10-5、10-6。



风管穿墙防护示意图

图10-4 风管穿越屏蔽墙体示意图

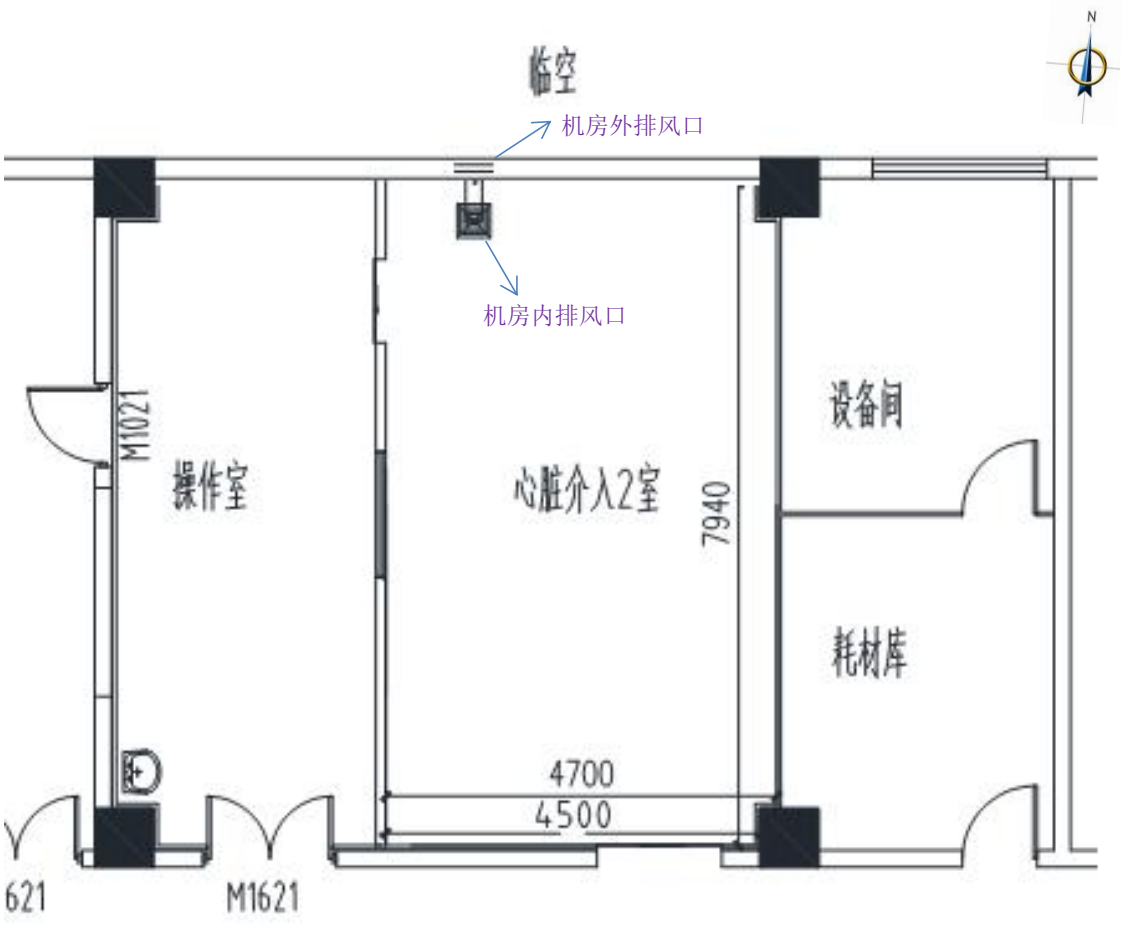


图 10-5 内科楼三层心脏介入 2 室排风口及排风管道走向示意图

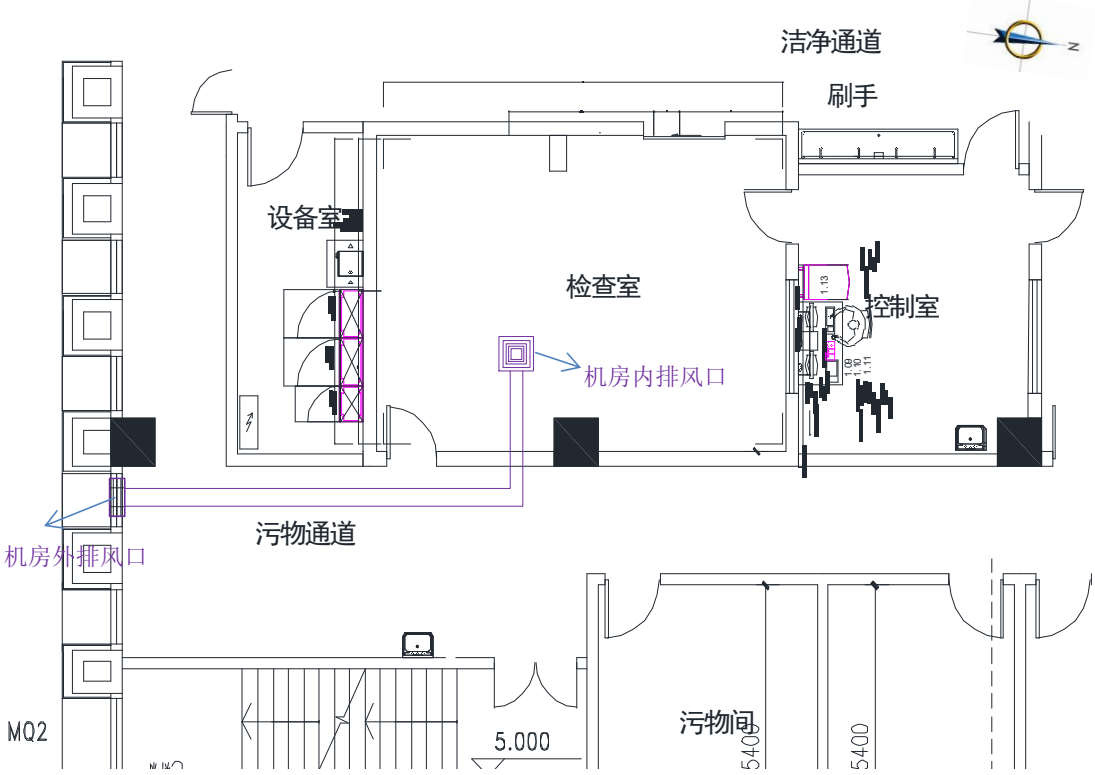


图 10-6 外科楼二层 DSA 机房排风口及排风管道走向示意图

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操作间控制台、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10-3。

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。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	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。				

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。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）、床侧防护帘等辅助防护设施（不低于0.5mm铅当量），配置情况满足GBZ130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）项目运行期间产生的生活污水将依托医院的污水处理系统进行处置，处理达标后排入城市污水管网。

（2）本项目2间DSA机房均设置有排风系统，产生的臭氧和氮氧化物可通过排风系统排出，臭氧常温下可自行分解为氧气，对环境影响很小。

（3）项目运行期产生的棉签、纱布、手套、器具等医疗废物（月产生量约30kg）暂存在机房内的垃圾桶中，手术结束后集中收集作为医疗废物处理，由医院统一委托有资质单位进行处置；项目运行期间产生的少量生活垃圾，依托医院的保洁措施，分类收集后交由环卫部门统一处理。

表 10-4　项目拟采取的辐射安全与防护措施与相关标准要求对比分析表

标准号	标准要求		项目情况
GBZ130-2020	6.1X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。	拟合理设置X射线设备、机房的门、窗和管线口位置，以避免有用线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位，本项目各管线口均拟采取屏蔽补偿措施。
		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。	本项目机房四周屏蔽体、楼上、楼下均拟采用足够厚的屏蔽材料进行防护，DSA装置拟位于DSA机房靠近中部位置，与周围均有一定的距离，机房和设备的布局已考虑邻室（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。	本项目DSA装置拟设置独立的机房，能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2的规定。	本项目2间DSA机房有效使用面积，最小单边长均能满足标准要求。
	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。	根据后文核算，本项目DSA机房的屏蔽防护能力均大于2mmPb，满足要求。
	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2.5μSv/h；测量时，X射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间； c）具有短时、高剂量率曝光的摄影程序（如DR、CR、屏片摄影）机房外的周围剂量当量率应不大于25μSv/h，当超过时应进行机房	根据后文核算，本项目DSA装置在透视工况下机房屏蔽体外的周围剂量当量率均不大于2.5μSv/h。 根据后文核算，本项目DSA装置在采集工况下机房屏蔽体外的周围剂量当量率均不大于25μSv/h。

		外人员的年有效剂量评估，应不大于0.25mSv。	
	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。	本项目DSA机房拟设置观察窗和视频监控装置，其摄像头拟位于机房内，显示器拟位于控制室墙上，以便控制室内辐射工作人员能观察到受检者状态及防护门开闭情况。拟在控制室和机房之间设置双向对讲系统，便于机房内辐射工作人员与控制室内人员沟通。
		6.4.2机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。	机房内除必要的配套设施外，将不堆放其他杂物。
		6.4.3机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。	本项目2间DSA机房设置有排风系统，能保证良好的通风。
		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。	本项目DSA机房铅防护门均拟张贴电离辐射警告标志，拟设置工作状态指示灯，即在各铅门关闭时，门上方设置的“射线有害、灯亮勿入”指示灯亮。拟在患者防护门旁机房外墙上醒目位置张贴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。	本项目平开机房门拟设置自动闭门装置和门灯联动装置；推拉式机房门拟制定曝光时关闭机房门的管理措施，工作状态指示灯与机房门有效关联。
		6.4.6电动推拉门宜设置防夹装置。	本项目电动推拉门拟设置门灯联动装置和防夹装置。
		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。	医院拟制定相应管理制度进行管理，拟设置铅观察窗，可观察到机房内人员情况，确保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。	机房出入门均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。	拟配置相应的辐射防护用品，数量和铅当量满足要求。
		6.5.3除介入防护手套外，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于0.25mmPb；介入防护手套铅当量应不小于0.025mmPb；甲状腺、性腺防护用品铅当量应不小于0.5mmPb；移动铅防护屏风铅当量应不小于2mmPb。	
		6.5.4应为儿童的X射线检查配备保护相应组织和器官的防护用品，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于0.5mmPb。	
		6.5.5个人防护用品不使用时，应妥善存放，不应折叠放置，以防止断裂。	拟加强个人防护用品管理，采用悬挂或平铺方式存放，不折叠。
	7.1一般要求	7.1.1放射工作人员应熟练掌握业务技术，接受放射防护和有关法律知识培训，满足放射工作人员岗位要求。	投运前，项目辐射工作人员应熟练掌握业务技术，接受放射防护和有关法律知识培训，满足放射工作人员岗位要求。
		7.1.2根据不同检查类型和需要，选择使用合适的设备、照射条件、照射野以及相应的防护用品。	本项目辐射工作人员在手术过程中将根据患者及手术类型，使用合适的设备、照射条件、照射野以及相应的防护用品。
		7.1.3 合理选择各种操作参数，在确保达到预期诊断目标条件下，使受检者所受到的照射剂量最低。	本项目辐射工作人员在手术过程中合理选择参数使受检者所受到的照射剂量最低，医院拟制定相应管理制度进行管理。
		7.1.4 如设备具有儿童检查模式可选项时，对儿童实施检查时应使用该模式；如无儿童检查模式，应适当调整照射参数（如管电压、管电流、照射时间等），并严格限制照射野。	有儿童检查时，将调整适当的照射参数并严格限制照射野。

		7.1.5 X 射线设备曝光时，应关闭与机房相通的门、窗。	机房内射线装置曝光时，将关闭机房门，医院拟制定相应管理制度进行管理。
		7.1.6 放射工作人员应按 GBZ 128 的要求接受个人剂量监测。	辐射工作人员在工作过程中佩戴个人剂量计，且监测周期不超过 3 个月。
		7.1.8 不应使用加大摄影曝光条件的方法，提高过期胶片的显影效果。	不会使用加大摄影曝光条件的方法，提高过期胶片的显影效果；为自动条件，数字显影，不使用胶片。
		7.1.9 工作人员应在有屏蔽的防护设施内进行曝光操作，并应通过观察窗等密切观察受检者状态。	工作人员在有屏蔽的防护设施内进行曝光操作，并通过观察窗等密切观察受检者状态。
	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	7.8.2介入放射学用X射线设备应具有可准确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。	设备具有可准确记录受检者剂量的装置，医院拟将每次介入手术后受检者受照剂量记录在病历中，需要时可追溯。
		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。	拟加强管理，图像采集时工作人员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。	医院拟为放射技师各配备1枚个人剂量计，拟为介入手术医生和护士在铅防护衣内外各配置1枚个人剂量计，满足要求。
		7.8.5C形臂X射线设备垂直方向透视时，球管应位于病人身体下方；水平方向透视时，工作人员可位于平板探测器一侧，同时注意避免有用线束直接照射。	拟制定操作规程及人员岗位职责，将球管旋转至病人身体下方，手术人员在操作过程中合理站位，避开有用线束。
GBZ128-2019	5.3剂量计的佩戴	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。	医院拟为放射技师各配备1枚个人剂量计，拟为介入手术医生和护士在铅防护衣内外各配置1枚个人剂量计，一枚佩戴在铅防护衣内，一枚佩戴在铅围裙外锁骨对应的领口位置。建议在工作人员身体可能
		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）。	受到较大照射的部位宜佩戴局部剂量计（如指环剂量计等）。

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施工改造、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

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（主束或有用线束）	铅	2.219	7.923	0.5386
	混凝土	0.03502	0.07113	0.6974
注：钡板按折合成铅考虑拟合参数。				

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	1.4

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
2 间 DSA 机房屏蔽防护设计	四周屏蔽体	轻钢龙骨+2mm 铅板+2mmPb 钡板	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+2mm 铅板	3.4mm		符合
	地板	120mm 混凝土+2mm 铅板	3.4mm		符合
	防护门	嵌 4mm 铅板	4.0mm		符合
	观察窗	4mmPb 铅玻璃	4.0mm		符合

通过表11-3可知，本项目2间DSA机房四面墙体、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。

本项目采取了较为保守的辐射屏蔽方案，较之《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）标准中要求偏厚，根据防护最优化原则，建议可适当进行减薄。

医院考虑到屏蔽材料长期使用过程中老化变形和开裂等问题以及关注工作人员担心射线照射的诉求等原因，采取较为保守的屏蔽方案更利于项目的实施和辐射屏蔽效果的长期可靠运行。

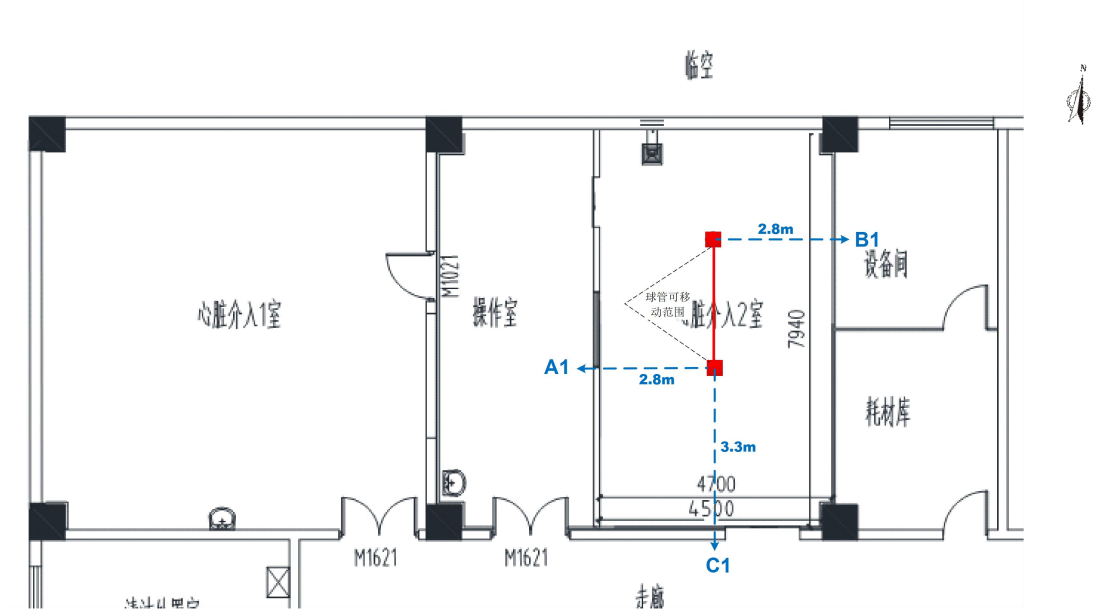
2 DSA机房内外的辐射影响预测

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。

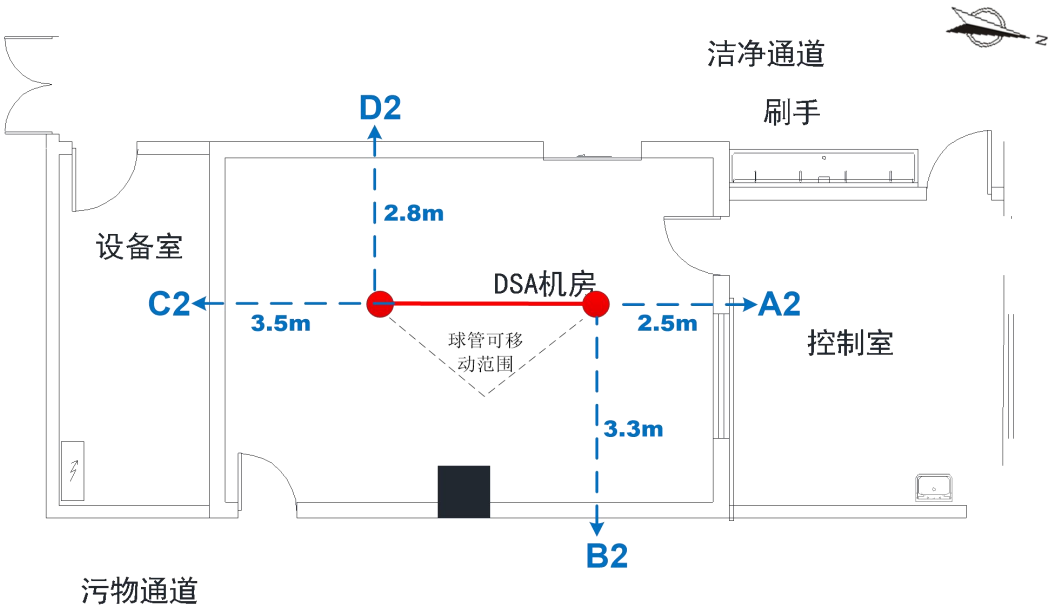
表11-4 本项目DSA的辐射影响情况

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

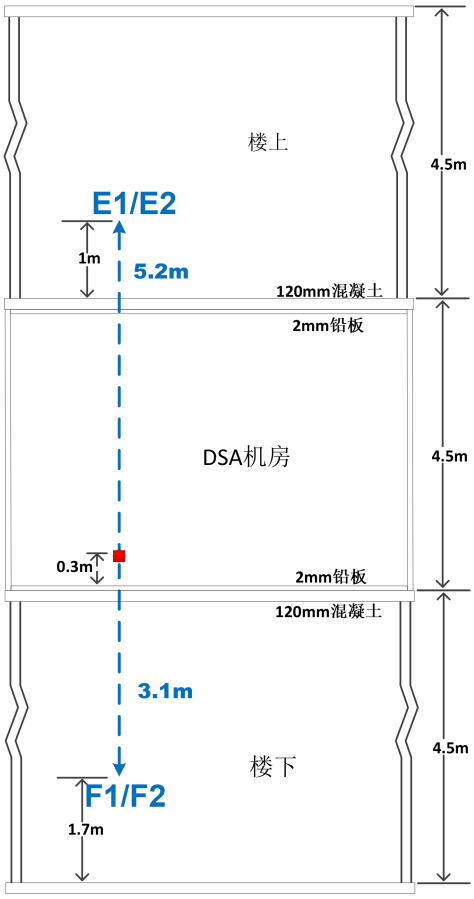
根据医院提供资料，DSA为单球管，球管离地高度为30cm，沿治疗床方向可移动距离约2.5m，本项目取医生手术位、控制室操作位、各防护墙外30cm处、铅防护门外30cm处、楼上离地1m处、楼下离地1.7m处为预测点位，同侧防护当量相同情况下仅预测距离最近点位，同侧距离相同情况下仅预测防护当量最小处，机房临空侧人员不可达，不再布设预测点位。预测点位及辐射源点至机房四周屏蔽体外表面的最近距离示意图见图11-1。



a.内科楼三层心脏介入 2 室预测点位图



b.外科楼二层 DSA 机房预测点位图



注：两间机房及楼上楼下层高均为 4.5m；球管离地高度为 30cm。

c.楼上楼下预测点位图

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	关注点环境特点	辐射源点至关注点的最近距离（m）
内科楼三层心脏介入2室	A1	西墙外30cm	操作间、工作人员防护门外、铅玻璃处	2.8
	B1	东墙外30cm	设备间、耗材库	2.8
	C1	南墙外30cm	走廊、患者防护门外	3.3
	E1	楼上100cm	屋顶平台	5.2
	F1	楼下170cm	设备机房	3.1
外科楼二层DSA机房	A2	北墙外30cm	控制室、工作人员防护门外、铅玻璃处、刷手处	2.5
	B2	东墙外30cm	污物通道、污物通道防护门外	3.3
	C2	南墙外30cm	设备间	3.5
	D2	西墙外30cm	洁净通道、患者防护门外	2.8
	E2	楼上100cm	手术科手术室及配套洁净走廊、石膏间、切片室	5.2
	F2	楼下170cm	核医学科	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，其中楼上、楼下关注点考虑源点高度（0.3m）后分别取4.82m、3.48m；

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*
内科楼三层心脏介入2室	A1	西墙外30cm		4.0	2.7E-11
	B1	东墙外30cm		4.0	2.7E-11
	C1	南墙外30cm		4.0	2.7E-11
	E1	楼上100cm		3.4	6.77E-10
	F1	楼下170cm		3.4	6.77E-10
外科楼二层DSA机房	A2	北墙外30cm		4.0	2.7E-11
	B2	东墙外30cm		4.0	2.7E-11
	C2	南墙外30cm		4.0	2.7E-11
	D2	西墙外30cm		4.0	2.7E-11
	E2	楼上100cm		3.4	6.77E-10
	F2	楼下170cm		3.4	6.77E-10
机房内		第一术者位	铅帘+铅衣	0.5	2.84E-04
			铅帘	1.0	5.35E-03
		第二术者位	铅帘+铅衣	0.5	2.84E-04
			铅帘	1.0	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

机房	工作模式	关注点位置描述		H_0	I	d_0	d_S	B_s	H_s
				$\mu Gy \cdot m^2 \cdot mA^{-1} \cdot h^{-1}$	mA	m	m	/	μSv/h
内科楼三层心脏介入2室	采集	A1	西墙外30cm	180000	500	0.38	2.8	2.7E-11	2.75E-06
		B1	东墙外30cm				2.8	2.7E-11	2.75E-06
		C1	南墙外30cm				3.3	2.7E-11	1.98E-06
		E1	楼上100cm				4.82	6.77E-10	4.65E-05
		F1	楼下170cm				3.48	6.77E-10	8.92E-05
	透视	A1	西墙外30cm	180000	20	0.38	2.8	2.7E-11	1.1E-07
		B1	东墙外30cm				2.8	2.7E-11	1.1E-07
		C1	南墙外30cm				3.3	2.7E-11	7.91E-08
		E1	楼上100cm				4.82	6.77E-10	1.86E-06
		F1	楼下170cm				3.48	6.77E-10	3.57E-06
		第一术者位（铅衣内）					0.5	2.84E-04	3.63E+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	9.06E+00
		第二术者位（铅衣外）					1	5.35E-03	1.71E+02
外科楼二层DSA机房	采集	A2	北墙外30cm	180000	500	0.38	2.5	2.7E-11	3.45E-06
		B2	东墙外30cm				3.3	2.7E-11	1.98E-06
		C2	南墙外30cm				3.5	2.7E-11	1.76E-06
		D2	西墙外30cm				2.8	2.7E-11	2.75E-06
		E2	楼上100cm				4.82	6.77E-10	4.65E-05
		F2	楼下170cm				3.48	6.77E-10	8.92E-05
	透视	A2	北墙外30cm	180000	20	0.38	2.5	2.7E-11	1.38E-07
		B2	东墙外30cm				3.3	2.7E-11	7.91E-08
		C2	南墙外30cm				3.5	2.7E-11	7.03E-08
		D2	西墙外30cm				2.8	2.7E-11	1.1E-07
		E2	楼上100cm				4.82	6.77E-10	1.86E-06
		F2	楼下170cm				3.48	6.77E-10	3.57E-06
		第一术者位（铅衣内）					0.5	2.84E-04	3.63E+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	9.06E+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；

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

将DSA机房顶部屏蔽体的铅当量厚度X（3.4mm）及表11-9中的α、β、γ值代入公式11-2，计算相应的屏蔽透射因子B值为8.24×10^{-8}。

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*
内科楼三层心脏介入2室	A1	西墙外30cm		4.0	7.3E-09
	B1	东墙外30cm		4.0	7.3E-09
	C1	南墙外30cm		4.0	7.3E-09
	E1	楼上100cm		3.4	8.24E-08
	F1	楼下170cm		3.4	8.24E-08
外科楼二层DSA机房	A2	北墙外30cm		4.0	7.3E-09
	B2	东墙外30cm		4.0	7.3E-09
	C2	南墙外30cm		4.0	7.3E-09
	D2	西墙外30cm		4.0	7.3E-09
	E2	楼上100cm		3.4	8.24E-08
	F2	楼下170cm		3.4	8.24E-08
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

机房	关注点位置描述		H_i	R	B	H_L
			mGy/h	m	/	μSv/h
内科楼三层心脏介入2室	A1	西墙外30cm	1	2.8	7.3E-09	1.55E-06
	B1	东墙外30cm		2.8	7.3E-09	1.55E-06
	C1	南墙外30cm		3.3	7.3E-09	1.12E-06
	E1	楼上100cm		5.2	8.24E-08	5.09E-06
	F1	楼下170cm		3.1	8.24E-08	1.43E-05
	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
外科楼二层DSA机房	A2	北墙外30cm	1	2.5	7.3E-09	1.95E-06
	B2	东墙外30cm		3.3	7.3E-09	1.12E-06
	C2	南墙外30cm		3.5	7.3E-09	9.95E-07
	D2	西墙外30cm		2.8	7.3E-09	1.55E-06
	E2	楼上100cm		5.2	8.24E-08	5.09E-06
	F2	楼下170cm		3.1	8.24E-08	1.43E-05
	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

根据以上的计算结果，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

机房	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
内科楼三层心脏介入2室	采集	A1	西墙外30cm	操作间、工作人员防护门外、铅玻璃处	2.75E-06	1.55E-06	4.3E-06
		B1	东墙外30cm	设备间、耗材库	2.75E-06	1.55E-06	4.3E-06
		C1	南墙外30cm	走廊、患者防护门外	1.98E-06	1.12E-06	3.1E-06
		E1	楼上100cm	屋顶平台	4.65E-05	5.09E-06	5.16E-05
		F1	楼下170cm	设备机房	8.92E-05	1.43E-05	1.04E-04
	透视	A1	西墙外30cm	操作间、工作人员防护门外、铅玻璃处	1.1E-07	1.55E-06	1.66E-06

		B1	东墙外30cm	设备间、耗材库	1.1E-07	1.55E-06	1.66E-06
		C1	南墙外30cm	走廊、患者防护门外	7.91E-08	1.12E-06	1.2E-06
		E1	楼上100cm	屋顶平台	1.86E-06	5.09E-06	6.95E-06
		F1	楼下170cm	设备机房	3.57E-06	1.43E-05	1.79E-05
		第一术者位（铅衣内）			3.63E+01	9.55E+00	4.59E+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）			9.06E+00	2.39E+00	1.15E+01
		第二术者位（铅衣外）			1.71E+02	2.29E+01	1.94E+02
外科楼二层DSA机房	采集	A2	北墙外30cm	污物通道、污物通道防护门外	3.45E-06	1.95E-06	5.4E-06
		B2	东墙外30cm	设备间	1.98E-06	1.12E-06	3.1E-06
		C2	南墙外30cm	洁净通道、患者防护门外	1.76E-06	9.95E-07	2.76E-06
		D2	西墙外30cm	控制室、工作人员防护门外、铅玻璃处、刷手处	2.75E-06	1.55E-06	4.3E-06
		E2	楼上100cm	手术科手术室及配套洁净走廊、石膏间、切片室	4.65E-05	5.09E-06	5.16E-05
		F2	楼下170cm	核医学科	8.92E-05	1.43E-05	1.04E-04
	透视	A2	北墙外30cm	污物通道、污物通道防护门外	1.38E-07	1.95E-06	2.09E-06
		B2	东墙外30cm	设备间	7.91E-08	1.12E-06	1.2E-06
		C2	南墙外30cm	洁净通道、患者防护门外	7.03E-08	9.95E-07	1.07E-06
		D2	西墙外30cm	控制室、工作人员防护门外、铅玻璃处、刷手处	1.1E-07	1.55E-06	1.66E-06
		E2	楼上100cm	手术科手术室及配套洁净走廊、石膏间、切片室	1.86E-06	5.09E-06	6.95E-06
		F2	楼下170cm	核医学科	3.57E-06	1.43E-05	1.79E-05
		第一术者位（铅衣内）			3.63E+01	9.55E+00	4.59E+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）			9.06E+00	2.39E+00	1.15E+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，内科楼三层心脏介入 2 室机房外辐射工作人员关注

点最大剂量率为4.3×10^{-6}μSv/h，公众关注点剂量率最大为1.04×10^{-4}μSv/h，出现在楼下170cm（设备机房）；外科楼二层DSA机房外辐射工作人员关注点最大剂量率为5.4×10^{-6}μSv/h，公众关注点剂量率最大为1.04×10^{-4}μSv/h，出现在楼下170cm（核医学科）。从预测结果可知，本项目2间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、操作室辐射工作人员年有效剂量计算

DSA机房周围公众、操作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：

$$H_{Er} = D_r \cdot T \cdot t \cdot 10^{-3} \qquad \#(11-5)$$

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11-13。

表11-13 DSA机房周围公众及操作室辐射工作人员年附加有效剂量估算结果

机房	工作模式	关注点位置描述		总附加剂量率	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
内科楼三层心脏介入2室	采集	A1	西墙外30cm	4.3E-06	13.3	1	5.72E-08
		B1	东墙外30cm	4.3E-06	13.3	1/4	1.43E-08
		C1	南墙外30cm	3.1E-06	13.3	1/4	1.03E-08
		E1	楼上100cm	5.16E-05	13.3	1/16	4.29E-08
		F1	楼下170cm	1.04E-04	13.3	1/16	8.65E-08
	透视	A1	西墙外30cm	1.66E-06	100	1	1.66E-07
		B1	东墙外30cm	1.66E-06	100	1/4	4.15E-08
		C1	南墙外30cm	1.2E-06	100	1/4	3.00E-08

		E1	楼上100cm	6.95E-06	100	1/16	4.34E-08
		F1	楼下170cm	1.79E-05	100	1/16	1.12E-07
外科楼二层DSA机房	采集	A2	北墙外30cm	5.4E-06	13.3	1	7.18E-08
		B2	东墙外30cm	3.1E-06	13.3	1/4	1.03E-08
		C2	南墙外30cm	2.76E-06	13.3	1/16	2.29E-09
		D2	西墙外30cm	4.3E-06	13.3	1/4	1.43E-08
		E2	楼上100cm	5.16E-05	13.3	1	6.86E-07
		F2	楼下170cm	1.04E-04	13.3	1	1.38E-06
	透视	A2	北墙外30cm	2.09E-06	100	1	2.09E-07
		B2	东墙外30cm	1.2E-06	100	1/4	3.00E-08
		C2	南墙外30cm	1.07E-06	100	1/16	6.69E-09
		D2	西墙外30cm	1.66E-06	100	1/4	4.15E-08
		E2	楼上100cm	6.95E-06	100	1	6.95E-07
		F2	楼下170cm	1.79E-05	100	1	1.79E-06
注：同侧涉及多个不同功能用房的，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11-14。

表11-14　各预测点位年附加有效剂量估算结果

机房	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		
内科楼三层心脏介入2室	A1	西墙外30cm	操作间、工作人员防护门外、铅玻璃处	5.72E-08	1.66E-07	2.23E-07	职业人员
	B1	东墙外30cm	设备间、耗材库	1.43E-08	4.15E-08	5.58E-08	职业人员
	C1	南墙外30cm	走廊、患者防护门外	1.03E-08	3.00E-08	4.03E-08	公众人员
	E1	楼上100cm	屋顶平台	4.29E-08	4.34E-08	8.63E-08	公众人员
	F1	楼下170cm	设备机房	8.65E-08	1.12E-07	1.99E-07	公众人员
外科楼二层DSA机房	A2	北墙外30cm	控制室、工作人员防护门外、铅玻璃处、刷手处	7.18E-08	2.09E-07	2.81E-07	职业人员
	B2	东墙外30cm	污物通道、污物通道防护门外	1.03E-08	3.00E-08	4.03E-08	公众人员
	C2	南墙外30cm	设备间	2.29E-09	6.69E-09	8.98E-09	职业人员
	D2	西墙外30cm	洁净通道、患者防护门外	1.43E-08	4.15E-08	5.58E-08	公众人员

	E2	楼上100cm	手术科手术室及配套洁净走廊、石膏间、切片室	6.86E-07	6.95E-07	1.38E-06	公众人员
	F2	楼下170cm	核医学科	1.38E-06	1.79E-06	3.17E-06	公众人员

由表11-14可知，内科楼三层心脏介入2室四周公众的年附加剂量最大为1.99×10^{-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2.23×10^{-7}mSv，满足工作人员年有效剂量约束值5mSv的要求；外科楼二层DSA机房四周公众的年附加剂量最大为3.17×10^{-6}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2.81×10^{-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2间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。

此外，本项目内科楼三层心脏介入2室西侧隔操作间（共用）为心脏介入1室，楼上、楼下及临近场所无其他辐射源；外科楼二层DSA机房同层临近场所无辐射源，但其下方与核医学科，上方与手术室工作场所相邻，核医学科使用放射性核素和III类射线装置，手术室使用移动C臂机，同时运行时，会互相产生辐射影响。本次预测时考虑经1道屏蔽防护墙后射线的叠加，经2道及以上屏蔽墙后射线已几无影响，将不再考虑。通过类比医院上年度辐射工作场所年度监测报告，上述几处辐射工作场所机房外辐射剂量率统计如下表11-16所示。

表11-16 临近辐射工作场所年度监测辐射剂量率监测值

机房	监测值（μSv/h）		本底值（μSv/h）	辐射剂量率扣除本底值后最大值（μSv/h）
内科楼三层心脏介入1室	机房外	0.33	0.091~0.172	0.239
	楼上	0.122		0.031
	楼下	0.144		0.053
外科楼三层手术室移动C臂	机房外	0.183	0.091~0.172	0.092
	楼上	0.131		0.040
	楼下	0.121		0.030
外科楼一层核医学科	场所外			＜0.09
	楼上			＜0.09
	楼下			＜0.09

注：①进行本底值扣除时保守取本底值最小值；②核医学科监测结果已扣除本底值；③＜0.09 保守按 0.09 取值。

根据表11-12，本项目2台DSA机房外辐射剂量率统计如下表11-17所示。

表11-17 本项目2台DSA机房外辐射剂量率预测值汇总

机房	辐射剂量率最大预测值（μSv/h）	
内科楼三层心脏介入2室	机房外	4.3E-06
	楼上	5.16E-05
	楼下	1.04E-04
外科楼二层DSA机房	机房外	5.4E-06
	楼上	5.16E-05
	楼下	1.04E-04

结合表11-16和11-17，受叠加影响的场所辐射剂量率叠加值见表11-18。

表11-18 受叠加影响的场所辐射剂量率叠加值汇总表

关注点位置	影响源/影响值（μSv/h）			叠加值（μSv/h）
内科楼三层	内科楼三层心脏介入1室机房外/0.239	内科楼三层心脏介入2室机房外/4.3E-06	/	0.239
内科楼四层	内科楼三层心脏介入1室楼上/0.031	内科楼三层心脏介入2室楼上/5.16E-05	/	0.031
内科楼二层	内科楼三层心脏介入1室楼下/0.053	内科楼三层心脏介入2室楼下/1.04E-04	/	0.053
外科楼负一层	外科楼一层核医学科楼下/0.09	/	/	0.09
外科楼一层	外科楼一层核医学科机房外/0.09	外科楼二层 DSA 机房楼下/1.04E-04	/	0.09
外科楼二层	外科楼一层核医学科楼上/0.09	外科楼二层 DSA 机房机房外/5.4E-06	外科楼三层手术室移动 C 臂楼下/0.030	0.12
外科楼三层	外科楼三层手术室移动C臂机房外/0.092	外科楼二层 DSA 机房楼上/5.16E-05	/	0.092
外科楼四层	外科楼三层手术室移动C臂楼上/0.040	/	/	0.040

从表11-18中可以看出，叠加后辐射工作场所外辐射剂量率最大值为0.239μSv/h，出现在内科楼三层受内科楼三层心脏介入1室和心脏介入2室共同影响的区域（共用操作间），因此本项目受叠加影响的辐射工作场所经叠加后仍然满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）机房外不超过2.5μSv/h的要求。

共用操作间因受到内科楼三层心脏介入1室和心脏介入2室叠加影响，心脏介

入1室年工作量与心脏介入2室相当，则共用操作间内所受到的年有效剂量为0.239μSv/h×113.3h×2×10^{-3}=0.054mSv，满足工作人员年有效剂量约束值5mSv的要求；同样，亦满足周围公众人员年有效剂量约束值0.1mSv的要求。

综上所述，本项目与临近辐射工作场所互相叠加影响后，仍能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）机房外不超过2.5μSv/h的要求和工作人员年有效剂量约束值5mSv、公众人员年有效剂量约束值0.1mSv的要求。

（2）DSA机房内介入操作人员的外照射辐射年有效剂量计算

本项目2台DSA共计22名辐射工作人员中医师12人，护士6人，分为6组（每组2名医师，1名护士），每台DSA3组，心脏介入、神经介入和综合介入各1组，每组工作量均为200台。

根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）中6.2.4佩戴铅围裙内外两个剂量计时，宜采用公式（11-6）估算有效剂量：

$$E=\alpha Hu+\beta Ho \qquad \#(11-6)$$

其中：*E*-有效剂量中的外照射分量，单位为 mSv；

α-系数，有甲状腺屏蔽时，取0.79，无屏蔽时，取0.84，本次预测取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，有甲状腺屏蔽时，取0.051，无屏蔽时，取0.1，本次预测取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11-12预测结果计算2间DSA机房第一术者、第二术者年有效剂量，结果列于表11-19。

表11-19 透视模式下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）		手术类型	年照射时间（t）	年有效剂量E（mSv）
			部位	合计			
第一术者	0.79	0.051	铅衣内	4.59E+01	心脏介入	26.7h	2.02
			铅衣外	7.75E+02			
			铅衣内	4.59E+01	神经介入	40h	3.03
			铅衣外	7.75E+02			
			铅衣内	4.59E+01	综合介	33.3h	2.52

			铅衣外	7.75E+02	入		
第二术者			铅衣内	1.15E+01	心脏介入	26.7h	0.51
			铅衣外	1.94E+02			
			铅衣内	1.15E+01	神经介入	40h	0.76
			铅衣外	1.94E+02			
			铅衣内	1.15E+01	综合介入	33.3h	0.63
			铅衣外	1.94E+02			

由表11-19，透视时本项目每组心脏介入手术第一、第二术者位工作人员的年有效剂量分别为2.02mSv、0.51mSv，每组神经介入手术第一、第二术者位工作人员的年有效剂量分别为3.03mSv、0.76mSv，每组综合介入手术第一、第二术者位工作人员的年有效剂量分别为2.52mSv、0.63mSv。采集时，医生和护士退出机房位于控制室/操作间内，由表11-14可知，内科楼三层心脏介入2室、外科楼二层DSA机房采集时控制室/操作间年有效剂量分别为5.72E×10^{-8}mSv、7.18E×10^{-8}mSv，相较于机房内第一、第二术者位工作人员的年有效剂量而言极小，可忽略不计。本项目手术医生和护士还受到相邻机房的辐射影响，但其辐射影响很小，相邻机房的辐射工作所致DSA介入手术医生和护士的年受照剂量相较于介入手术过程所致年受照剂量可忽略不计。

本项目DSA介入手术医生部分由现有介入辐射工作人员调配，部分为新进人员，本项目DSA介入手术医生除负责本项目DSA的辐射工作外，还负责医院现有DSA的辐射工作，医院将确保每名DSA介入手术医生年手术台数不超过300台。根据医院提供的近一年的个人剂量检测报告可知，医院现有DSA辐射工作人员在2024年度四个季度的年有效剂量最大为1.508mSv，保守假设本项目DSA介入手术医生从事本项目DSA辐射工作后，现有DSA的辐射工作量保持不变，则其年有效剂量最大为4.538mSv（1.508mSv+3.03mSv），仍能满足职业人员年受照剂量不超过5mSv的要求。

但在实际手术时，因不同的手术，其曝光或透视的管电压管电流不同，投照方位根据需要而变化，且投照出束时间不同，难以准确估算介入手术医生受到的准确照射剂量，只能依靠其佩戴的个人剂量计进行跟踪性监测。因此，医院应加强对介入手术医生的个人剂量监测管理，当个人累积剂量将超过年受照剂量5mSv时，应及时告知本人，并减少其辐射工作量或为其调整工作岗位，确保其

年累积剂量不超过项目管理目标。

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

本项目外科楼二层 DSA 机房 50m 评价范围分别包括项目所在的外科楼、南侧 20m 的住院综合楼、西侧 31m 的放疗中心、外科楼外机房 50m 范围内的院内道路、广场和停车场等区域以及院外东侧 21m 的空地、东北侧 43m 的南关新村居民楼。内科楼三层 DSA 机房 50m 评价范围包括项目所在的内科楼、西北侧 8m 的内科楼连廊、东侧 46m 的内科楼外科楼连廊、南侧 48m 的儿科楼、北侧 10m 的洗衣房、库房和内科楼外机房 50m 范围内的院内道路、广场和停车场等区域，不涉及院外区域。

根据前文预测结果，本项目与临近辐射工作场所互相叠加影响后公众人员受到的年有效剂量附加值最大为 0.054mSv，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 0.054mSv。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。

5 三废的治理评价

（1）废水

项目运行期间产生的生活污水将依托医院的污水处理系统进行处置，处理达标后排入城市污水管网。

（2）废气

本项目2间DSA机房均设置有排风系统，产生的臭氧和氮氧化物可通过排风系统排出，臭氧常温下可自行分解为氧气，对环境影响很小。

（3）固体废物

项目运行期产生的棉签、纱布、手套、器具等医疗废物（月产生量约30kg）暂存在机房内的垃圾桶中，手术结束后集中收集作为医疗废物处理，由医院统一委托有资质单位进行处置；项目运行期间产生的少量生活垃圾，依托医院的保洁措施，分类收集后交由环卫部门统一处理。

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，或者长时间使用的设备零部件老化或磨损，可能会导致辐射泄漏，对周围环境和人员造成辐射伤害；调试维修过程操作不当产生的误照事故；

（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）开机出束时人员误入，或者无关人员滞留机房内未及时撤出，受到不必要的照射；

（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

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，辐射事故从重到轻分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级，见表11-20所示。

表11-20　辐射事故等级分级一览表

事故等级	危害后果
特别重大辐射事故	I类、II类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射性同位素和射线装置失控导致3人以上（含3人）急性死亡。
重大辐射事故	I类、II类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致2人以下（含2人）急性死亡或者10人以上（含10人）急性重度放射病、局部器官残疾。
较大辐射事故	III类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致9人以下（含9人）急性重度放射病、局部器官残疾。
一般辐射事故	IV类、V类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

因各种原因导致X射线装置在运行过程中人员滞留机房内（未穿戴个人防护用品或防护用品屏蔽效能失效）发生误照射辐射事故，按照DSA极端运行情况下（透视工况为125kV/110mA，采集工况为125kV/500mA），考虑人员受到照射的位置距离X射线装置靶点约1m考虑。

根据射线衰减原理和《医用外照射源的辐射防护》P55图2，不同过滤条件下距靶1m处的X射线发射率如下图11-2所示。

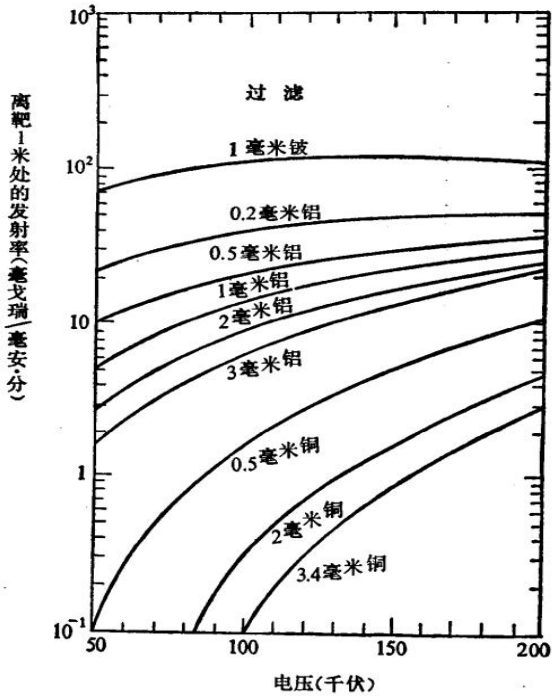


图11-2　不同过滤材质在恒电位X射线发生器在距靶1m处的发射率

本项目DSA装置过滤板为2.5mmAl，最大管电压和常用最大电压距靶1m处有用线束的发射率见表11-21。

表11-21　最大电压距靶1m处有用线束的发射率

序号	电压	距靶1m处有用线束的发射率
1	最大管电压125kV	9.8mGy·m^2/mA·min

因手术床旁、设备和操作间均拟设置急停按钮，发现人员误入或滞留DSA机房内时能及时按下急停按钮停止出束，因此，受照时间可按照发现人员误入或滞留并按下急停按钮时间约2min考虑，另外从最不利情况考虑单台手术的最大采集、透视分别约 2min、21min）进行估算，其剂量估算情况见表11-22。

表11-22　DSA机房内误照射人员所受辐射剂量估算表

工作模式	受照时间	受照人员所在位置周围剂量当量率（μSv/h）	有效剂量（mSv）	吸收剂量（mGy）	总吸收剂量（mGy）
采集模式：1m处发射率9.8mGy·m^2/mA min	10s（发现后使用急停按钮）	6.01×10^6	16.70	16.70	60.78
透视模式：1m处发射率9.8mGy·m^2/mA min	2min（发现后使用急停按钮）	1.32×10^6	44.08	44.08	
采集模式：1m处发射率9.8mGy·m^2/mA min	2min	6.01×10^6	200.34	200.34	663.13
透视模式：1m处发射率9.8mGy·m^2/mA min	21min	1.32×10^6	462.79	462.79	
注：仅考虑散射线，Sv/Gy=1。					

据以上后果分析可知，当单次透视和采集完成后，发现DSA机房内人员滞留机房内发生误照射辐射事故风险，该滞留机房人员总吸收剂量为60.78mGy；当1台手术完成后，才发现DSA机房内人员滞留机房内发生误照射辐射事故风险，该滞留机房人员总吸收剂量为663.13mGy；这两种情况下均可能发生超年有效剂量限值照射的事故风险，即造成一般辐射事故。

（3）事故状态可能引起的电离辐射生物效应

电离辐射作用于机体后，其能量传递给机体的分子、细胞、组织和器官等基本生命物质后，引起一系列复杂的物理、化学和生物学变化，由此所造成生物体组织细胞和生命各系统功能、调节及代谢的改变，产生各种生物学效应。电离辐射引起生物效应的作用是一种非常复杂的过程，大多数学者认为放射损伤发生是按一定的阶梯进行的。生物基质的电离和激发引起生物分子结构和性质的变化，

由分子水平的损伤进一步造成细胞水平、器官水平的损伤，继而出现相应的生化代谢紊乱，并由此产生一系列临床症状。

电离辐射生物效应按照剂量与效应的关系进行分类，分为随机性效应和组织反应。 随机性效应是指电离辐射照射生物机体所产生效应的发生概率（而非其严重程度）与受照射的剂量大小成正比，而其严重程度与受照射剂量无关；随机性效应的发生不存在组织反应阈剂量。辐射致癌效应和遗传效应属于随机性效应。受照射个体体细胞受损伤引发突变的结果，最终可导致受照射人员的癌症，即辐射致癌效应；受照射个体生殖细胞遗传物质的损伤，引起基因突变或染色体畸变可以传递下去并表现为受照者后代的遗传紊乱，导致后代先天畸形、流产、死胎和某些遗传性疾病，即遗传效应。

组织反应定义为通常情况下存在组织反应阈值的一种辐射效应，受照剂量超过一定的阈值时才会发生，其效应的严重程度随超过阈值的剂量越高而越严重。组织反应是辐射照射导致器官或组织的细胞死亡，细胞延缓分裂的各种不同过程的结果，指除了癌症、遗传和突变以外的所有躯体效应和胚胎效应及不育症等，包括血液、性腺、胚胎、眼晶体、皮肤的辐射效应及急性放射病，如放射性皮肤损伤、生育障碍。

不同照射剂量的X、γ射线对人体损伤估计见表11-23。

表11-23　不同照射剂量对人体损伤的估计

剂量（Gy）	类型		初期症状和损伤程度
＜0.25 0.25~0.5 0.5~1	/		不明显和不易察觉的病变 可恢复的机能变化，可能有血液学的变化 机能变化，血液学变化，但不伴有临床症状
1~2 2~4 4~6 6~10	骨髓型急性放射病	轻度 中度 重度 极重度	乏力，不适，食欲减退 头昏，乏力，食欲减退，恶心，呕吐，白细胞短暂上升后下降 多次呕吐，可有腹泻，白细胞明显下降 多次呕吐，腹泻，休克，白细胞急剧下降
10~50	肠型急性放射病		频繁呕吐，腹泻严重，腹疼，血红蛋白升高
＞50	脑型急性放射病		意识障碍、定向力丧失、共济失调、肌张力增强等
注：来自《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017）和《辐射防护导论》P33。			

根据上述后果分析可知，当单次透视和采集完成后，发现DSA机房内人员滞留机房内发生误照射辐射事故风险，该滞留机房人员所受到误照射辐射剂量可能

会发生不明显和不易察觉的病变等情况；当1台手术完成后，才发现DSA机房内人员滞留机房内发生误照射辐射事故风险，该滞留机房人员所受到误照射辐射剂量可能发生机能变化，血液学变化，但不伴有临床症状等情况。事故后果一般不会造成严重的辐射损伤，但可能增加随机性效应的发生概率。项目产生的随机性效应是关注的重点，因其无法防护，所以尽量避免误照射发生和降低人员的受照剂量，减少随机性效应的发生概率。

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，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）辐射安全管理

①医院成立了“辐射事故应急工作领导小组”，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，，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。

（2）设备固有安全设施

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，并佩带个人剂量计，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。

通过以上各种安全制度、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，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。

4 事故处理及应急预案

南京鼓楼医院集团宿迁医院已成立辐射事故应急工作领导小组，已制定《南京鼓楼医院集团宿迁医院辐射事故应急预案》，该方案包含以下内容：明确了辐射应急处理领导小组的组织机构、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。

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和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》《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》等法律法规要求，使用射线装置、放射性同位素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；辐射安全与环境保护管理工作人员和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；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，应当通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名并参加考核，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。

医院已成立了专门的辐射安全与环境保护管理机构，成立了放射防护管理小组，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。医院辐射防护专职管理人员及现有辐射工作人员均已参加辐射安全和防护的培训，培训证书均在有效期内。

本项目辐射工作人员部分从现有辐射工作人员中调配，另外一部分为新招工作人员。医院应组织新进辐射工作人员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。

医院应及时关注辐射工作人员辐射安全和防护专业知识的培训时间，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。

医院应根据本次新增2台DSA装置应用项目修订管理机构文件，明确相关辐射项目的管理人员及其职责，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《南京鼓楼医院集团宿迁医院辐射防护与安全管理制度》、《放射工作人员岗位职责》、《射线装置使用登记、台账管理制度》、《放射性同位素使用登记、台账管理制度》、《设备检修维护制度》、《南京鼓楼医院集团宿迁医院辐射环境监测计划》、《辐射防护与安全保卫制度》、《南京鼓楼医院集团宿迁医院辐射环境监测计划》、《南京鼓楼医院集团宿迁医院辐射工作人员培训管理制度》、《南京鼓楼医院集团宿迁医院辐射工作人员个人剂量检测管理制度》、《南京鼓楼医院集团宿迁医院放射工作人员健康管理制度》、《南京鼓楼医院集团宿迁医院 DSA 室岗位职责》、《血管造影机（DSA）操作规程》、《南京鼓楼医院集团宿迁医院辐射事故应急预案》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，如下对医院已制定的相关辐射安全管理制度的重点总结，并结合本次新增 2 台 DSA 装置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：已根据射线装置操作的具体情况制定了相应的辐射防护和安全保卫制度，预防辐射安全事故的发生。规定专人负责实施本次新增 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，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：明确了辐射工作人员的资质条件要求、操作过程中应采取的具体防护措施及步骤，严禁无证人员操作射线装置。针对本次新增 DSA 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。

3）岗位职责：明确了辐射工作人员的岗位责任。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。

4）设备检修维护制度：明确了设备和辐射安全装置等在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。明确本次新增DSA设备维修计划和发生故障时采取的措施，并做好记录。

5）射线装置使用登记制度：建立了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。需将本次新增 DSA 纳入台账管理中。

6）人员培训计划：明确了培训对象、内容、周期、方式以及考核的办法等内容，并强调对培训档案的管理，做到有据可查。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：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。

8）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。

9）事故应急方案：预案中明确了应急机构的组成、职责分工、应急人员的培训、事故报告制度、辐射防护措施及事故处理程序等。发生辐射事故时，应当立即启动事故应急方案，采取必要的防范措施，并在事故发生后一小时内向所在地生态环境部门和公安部门报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的，还应当同时向卫生健康部门报告。同时，在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门报告。

本项目辐射工作人员应在医院辐射安全与防护领导小组的领导下，明确各人员岗位职责，严格落实辐射安全管理规章制度，定期对设备的辐射安全措施进行检查。医院在之后的实际工作中还应不断根据法律法规及实际情况对各管理制度进行补充和完善，使其具有较强的针对性和可操作性。

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带个人剂量计上岗，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。

医院根据辐射管理要求，已制定了《南京鼓楼医院集团宿迁医院辐射环境监测计划》，包括对个人剂量监测的相关内容，要求放射工作人员佩带个人剂量监测累积剂量，定期(不低于1次/3月)，送有资质部门进行个人累积剂量监测，并记录在案；对监测中发现的问题，立即提出整改方案，对身体状况不宜从事放射工作人员应调离放射岗位；定期将个人年累计剂量监测情况，以报告的形式上报有关部门。根据医院提供资料，医院已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。

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）。

2 日常监测

医院根据辐射管理要求，已制定了《南京鼓楼医院集团宿迁医院辐射环境监测计划》，内容包括：定期(1 次/年)请资质单位对辐射工作场所和周围环境辐射水平、核医学科辐射工作场所表现沾污等项目进行监测评价；定期(1 次/年)请资质单位对产生辐射的仪器进行防护监测，包括仪器设备防护性能的检测；定期辐射工作场所和周围环境的辐射水平进行检测，并记录在案；定期将辐射工作场所及周围环境的辐射监测情况，以报告的形式上报有关部门。辐射环境监测计划整体可行，医院也严格按照监测计划开展了相关年度监测和日常监测工作，并形成监测报告记录在案。

医院已配备多台辐射检测仪器，用于医院核医学、放疗、介入和诊断场所开

展日常监测，数量满足工作需要。鉴于本次新增 2 台 DSA 装备，内科楼三层心脏介入 2 室 DSA 可与心脏介入 1 室共用现有的辐射检测仪，拟为外科楼二层 DSA 配备 1 台 X-γ射线检测仪，用于其辐射工作场所的日常监测所用；同时为每台 DSA 配备 2 台个人剂量报警仪合计共 4 台个人剂量报警仪。落实上述配置要求后，能够满足本次扩建项目辐射监测需要。

日常监测过程中如发现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，可以委托有资质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。

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	2间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	2间DSA机房		1次/季度	X-γ射线检测仪		自行监测
验收监测	2间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

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，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。

医院已制定《南京鼓楼医院集团宿迁医院放射事故应急预案》，该方案包含

以下内容：明确了放射性事故应急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。

南京鼓楼医院集团宿迁医院应急预案整体有效可行，基本满足环保相关要求。此外，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。

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。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，尽可能避免辐射事故的发生。

表 13 结论与建议

结论

1 项目概况

南京鼓楼医院集团宿迁医院拟将外科楼二层病理科区域改建为介入工作区域并新增 1 台 DSA 装置，拟在内科楼三层预留心脏介入 2 室内新增 1 台 DSA 装置，厂家型号分别为西门子 Artis Q Ceiling 和 PHILIPS Azurion 7M12，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 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）》，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、布局合理性

本项目评价范围内大部分为医院内部区域，另涉及院外东侧南关新村居民楼和空地，该区域不涉及国家公园、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。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，建成后不会造成区域环境质量下降。综上所述，本项目周围无环境制约因素，项目选址合理。

南京鼓楼医院集团宿迁医院位于宿迁市宿城区黄河南路138号，医院东侧为规划道路、空地与居民楼，南侧为卫生路，西侧为黄河南路，北侧为钟吾路。

本项目 2 台 DSA 装置拟分别设置于外科楼二层 DSA 机房、内科楼三层心脏

介入 2 室内。外科楼位于院内东侧，内科楼位于院内中间位置。外科楼二层 DSA 机房东侧为污物通道，南侧为设备间，西侧为洁净通道，北侧为控制室、刷手处，正上方为手术科手术室及配套洁净走廊、石膏间、切片室，正下方为核医学科；内科楼三层心脏介入 2 室东侧为设备间、耗材库，南侧为走廊，西侧为操作室，北侧临空，正上方为屋顶平台，正下方为设备机房。本项目外科楼二层 DSA 机房 50m 评价范围分别包括项目所在的外科楼、南侧 20m 的住院综合楼、西侧 31m 的放疗中心、外科楼外机房 50m 范围内的院内道路、广场和停车场等区域以及院外东侧 21m 的空地、东北侧 43m 的南关新村居民楼。内科楼三层 DSA 机房 50m 评价范围包括项目所在的内科楼、西北侧 8m 的内科楼连廊、东侧 46m 的内科楼外科楼连廊、南侧 48m 的儿科楼、北侧 10m 的洗衣房、库房和内科楼外机房 50m 范围内的院内道路、广场和停车场等区域，不涉及院外区域。

本项目 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，相关医师和护士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。因此，本项目 DSA 机房、操作室与设备间分开单独布置，区域划分明确，项目布局合理。

5 辐射环境现状

本项目拟建场址及周围环境的γ辐射水平为室内（83～107）nGy/h、道路（48～61）nGy/h、原野 67nGy/h，对照江苏省环境天然贯穿辐射水平室内、道路、原野调查结果，本项目拟建场址及周围环境γ辐射水平均处于江苏省环境天然贯穿辐射水平范围内，属正常辐射水平。

6 环境影响评价

（1）机房辐射剂量水平：根据计算可知，在透视和采集条件下DSA机房屏蔽体外30cm的周围剂量当量率均小于2.5μSv/h，机房辐射剂量水平满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的相关要求。

（2）剂量估算：通过核算，项目在合理配置介入手术医生情况下，本项目介入手术医生、护士、放射技师等相关职业人员所受职业照射年有效剂量低于辐射工作人员年有效剂量管理目标（5mSv/a），项目所致公众成员的年有效剂量

亦低于年有效剂量管理目标（0.1mSv/a），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及相关标准的要求。

（3）环境保护目标影响：通过核算可知机房外50m评价范围内各环境保护目标位置的年有效剂量均远低于医院管理目标值。因此，项目所致机房外50m评价范围内环境保护目标的影响甚微，本项目对周围各环境保护目标不会带来不利影响，对环境的影响可以接受。

（4）“三废”影响：本项目运行过程中不产生放射性废气、放射性废水和放射性固体废弃物。项目运行期间产生的生活污水将依托医院的污水处理系统进行处置，处理达标后排入城市污水管网。本项目2间DSA机房均设置有排风系统，产生的臭氧和氮氧化物可通过排风系统排出，臭氧常温下可自行分解为氧气，对环境影响很小。项目运行期产生的棉签、纱布、手套、器具等医疗废物（月产生量约30kg）暂存在机房内的垃圾桶中，手术结束后集中收集作为医疗废物处理，由医院统一委托有资质单位进行处置；项目运行期间产生的少量生活垃圾，依托医院的保洁措施，分类收集后交由环卫部门统一处理。

（5）事故风险：通过事故风险分析，本项目可能发生超年有效剂量限值照射的事故风险，即造成一般辐射事故。事故后果一般不会造成严重的辐射损伤，但可能增加随机性效应的发生概率。通过落实撤离机房时应清点人数、在设备上及控制台设置有紧急停机按钮、加强医院管理、辐射工作人员须加强专业知识学习、加强防护知识培训、加强职业道德修养、严格遵守操作规程和规章制度、定期做好设备稳定性检测和质控检测、加强设备维护、使设备始终保持在最佳状态下工作、正确使用防护用品，佩戴个人剂量计，辐射工作人员定期参加辐射安全与防护知识的培训等措施后，本项目事故风险可防可控。

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

南京鼓楼医院集团宿迁医院已设置了辐射安全与环境保护管理机构，成立了放射防护管理小组，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22名辐射工作人员，部分为现有介入辐射工作人员中调配，部分为新增，调配人员均已取得辐射安全培训合格证书或考试合格，且配备个人剂量计。医院拟为本项目新增辐射工作人员配备个人剂量计，拟为放射技师各配备1枚个人剂量计，拟为介入手术医生和护士在铅防护衣内、外各配置1枚个人剂量计，定期送检（不少于1次/三个月），并定期组织其进行职业健康体检，建立个人剂量监测档案及职业健康监护档案。同时，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”，通过考核后方可上岗。

南京鼓楼医院集团宿迁医院拟为本项目配备1台辐射剂量检测仪和4台个人剂量报警仪，分别用于DSA日常运行时机房外的辐射水平监测和介入手术过程中辐射水平实时监测；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。

综上所述，南京鼓楼医院集团宿迁医院新增2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 2 间 DSA 机房四周屏蔽体采用轻钢龙骨+2mm 铅板+2mmPb 钡板，顶板和地板均采用 120mm 混凝土+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。	80
	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 22 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。	6
	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	拟配备辐射检测仪 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 4 台。		
	DSA 介入治疗医生配备铅橡胶围裙、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。	6
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			100

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