编号：ZFHK-FB22220113

核技术利用建设项目

江南大学附属医院

新建1台DSA项目

环境影响报告表

（公示稿）

江南大学附属医院

2023年3月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

江南大学附属医院

新建1台DSA项目

环境影响报告表

建设单位名称：江南大学附属医院

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：江苏省无锡市滨湖区和风路 1000 号

邮政编码：214000　　联系人：

电子邮箱：　　联系电话：

目录

表 1 项目基本情况 1
表 2 放射源 12
表 3 非密封放射性物质 12
表 4 射线装置 13
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物） 14
表 6 评价依据 15
表 7 保护目标与评价标准 18
表 8 环境质量和辐射现状 22
表 9 项目工程分析与源项 28
表 10 辐射安全与防护 35
表 11 环境影响分析 41
表 12 辐射安全管理 59
表 13 结论与建议 64
表 14 审批 68

表 1 项目基本情况

<table>
<tr><td colspan="2">建设项目名称</td><td colspan="6">江南大学附属医院新建1台DSA项目</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设单位</td><td colspan="6">江南大学附属医院</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">江苏省无锡市滨湖区惠河路 200 号</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目建设地点</td><td colspan="6">江苏省无锡市滨湖区和风路 1000 号（江南大学附属医院南院区）国家创伤区域医疗中心四层杂交手术室</td></tr>
<tr><td colspan="2">立项审批部门</td><td colspan="2">无锡市行政审批局</td><td>批准文号</td><td colspan="2">2018-320211-83-01-377208</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设项目总投资（万元）</td><td>1000</td><td>项目环保投资（万元）</td><td>70</td><td>投资比例（环保投资/总投资）</td><td>7%</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目性质</td><td colspan="3">☑新建□改建□扩建 □其它</td><td>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="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>

1.1 项目概述

1.1.1 建设单位概况

江南大学附属医院（以下简称医院）是整合原市三院、市四院建立的一所集医疗、教育、科研、预防、保健、康复为一体的大型现代化三级甲等综合性医院。医院位于江南福地无锡市滨湖区，比邻江南大学，设南北两个院区，北院区位于无锡市惠河路 200 号，南院区位于无锡市滨湖区和风路 1000 号。医院专科设置齐全，人才梯队合理，医疗设备精良，床位总规模 2200 张，员工近 3000 名，博士 150 名，正副教授 141 名，硕博士导师 97 名。

为满足发展需要，医院拟在南院区扩建一栋烧伤楼，拟建成国家创伤区域医疗中心，

设置治疗室、抢救室、影像科、麻醉复苏室、放射科等科室，新增床位 300 张，预计日门诊人数约 1000 人次。该项目的立项审批部门为无锡市行政审批局，项目代码为：2018-320211-83-01-377208，具体见附件 4。目前国家创伤区域医疗中心尚在建设中。

1.1.2 建设目的和任务由来

医院已委托编制了《江南大学附属医院南院区国家创伤区域医疗中心（原烧伤楼）建设项目环境影响报告表》，于 2021 年 12 月 21 日取得无锡市行政审批局批复，批复文号为：锡行审环许[2021]6096 号，具体见附件 5。

为提高医疗服务能力，进一步满足患者的就诊需求，医院拟在国家创伤区域医疗中心四层新建一间杂交手术室，并新购一台数字减影血管造影机（以下简称 DSA）。新购 DSA 型号待定，最大管电压 125kV，最大管电流 1250mA，属于Ⅱ类射线装置。

该杂交手术室可以开展杂交手术，位于其东侧的 8 号手术室拟放置 1 台移动 CT（型号待定，最大管电压 140kV，最大管电流 800mA），该移动 CT 可在杂交手术过程中使用。在杂交手术过程中需要 CT 曝光时，可将移动 CT 通过防护门移动至杂交手术室，技师在控制室内操作移动 CT 进行隔室曝光。移动 CT 在杂交手术室使用时，不与 DSA 同时运行。移动 CT 属于Ⅲ类射线装置，由医院另行办理环境影响登记备案手续，不作为本报告评价对象。

对照《关于发布〈射线装置分类〉的公告》（原环境保护部 国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号），DSA 属于血管造影用 X 射线装置的分类范围，为Ⅱ类射线装置。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），本项目属于“五十五、核与辐射”中“172、核技术利用建设项目—使用Ⅱ类射线装置”，环境影响评价文件形式应为环境影响报告表。

为此，江南大学附属医院委托中辐环境科技有限公司开展“江南大学附属医院新建 1 台 DSA 项目”（简称“本项目”）的环评工作。在接受委托后，评价单位组织相关技术人员进行了现场勘察、资料收集等工作，并结合项目特点，按照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）等规定要求编制完成本环评报告表。

1.1.3 项目建设内容和规模

医院拟在国家创伤区域医疗中心四层新建一间杂交手术室，并新购一台 DSA，DSA 型号待定。射线装置主要技术参数信息见表 1-1。

表1-1　本项目射线装置主要技术参数

设备名称	型号	类别	数量	最大管电压、最大管电流
DSA	型号待定	Ⅱ类	1	125kV，1250mA

1.1.4 工作负荷和人员配置

根据医院提供资料，本项目正常运行后，预计每年最大工作量为200台手术，主要是卒中中心、胸痛中心和创伤中心的救治，本项目手术涉及的科室主要有神经内科、神经外科、介入科和心血管内科。本项目DSA包括透视和摄影两种模式，1台手术减影最大曝光时间取2分钟，透视最大时间取20分钟，则DSA减影模式年总曝光时间为6.7h，透视过程年总曝光时间为66.7h。

本项目拟配备辐射工作人员 7 名，包括手术医生 4 人，护士 2 人和技师 1 人。本项目辐射工作人员采取轮班制，均为医院现有辐射人员，无需对外招聘。本项目辐射工作人员相对固定，不存在操作其他射线装置情况。每台手术拟配备 1 名手术医生，1 名护士，1 名技师。预计参与 DSA 介入手术的医生每年最大手术量不大于 50 台，参与介入手术的护士年最大手术量不大于 100 台，参与介入手术的技师年最大手术量不大于 200 台。

辐射工作人员每天工作8小时，每年工作250天。本项目DSA工作负荷详见表1-2。

表1-2　本项目DSA工作负荷

射线装置	全年开展手术量（台）	工作模式	设备年总出束时间（h）	年出束时间（h）	单个医生年最大受照时间（h）	单个护士年最大受照时间（h）	单个技师年最大受照时间（h）
DSA	200	减影	6.7	73.4	1.7	3.35	6.7
		透视	66.7		16.7	33.4	66.7

1.2 项目选址及周边环境保护目标

1.2.1 项目地理位置

江南大学附属医院分为南、北两个院区，本项目拟建于南院区，位于江苏省无锡市滨湖区和风路 1000 号。项目地理位置见附图 1。

江南大学附属医院南院区被前杨道分为东西两个部分，东部主要为肿瘤中心、核医学中心楼、国家创伤区域医疗中心和远期待建区，西部主要为门诊医技楼、病房楼和食堂。江南大学附属医院南院区东侧为万顺道；南侧为和风路；西侧为蠡湖大道和蠡湖大道快速路，隔路为江南大学；北侧为蠡湖，隔湖为融创壹号院。项目地理位置见附图 1，项目周边环境见附图 2。

1.2.2 项目周边环境关系

本项目位于南院区国家创伤区域医疗中心四层杂交手术室，国家创伤区域医疗中心地上最高 12 层，地下 2 层。国家创伤区域医疗中心东侧为院内道路和院内小河，隔河为医院远期待建区；南侧为院内道路，隔路为和风路，隔和风路为规划绿地；西侧为院内道路，隔路为前杨道，隔前杨道为院内绿化和门诊医技楼；北侧为院内道路，隔路为核医学中心楼。具体见附图 3。

本项目杂交手术室东侧实体边界紧邻 8 号手术室，距院内道路约 17m，距院内小河约 42m，距医院边界约 205m；南侧实体边界紧邻控制室和前室，距院内道路约 17m，距和风路约 36m，距规划绿地为 66m；西侧实体边界紧邻缓冲间和走廊，距院内道路约 47m，距前杨道约 62m；北侧实体边界紧邻设备间、污物走廊和医护廊，距院内道路约 15m，距核医学中心楼约 30m，距医院边界（东北侧）约 118m。楼上是 EICU（包括病房和走廊），楼下是整形美容中心（包括候诊大厅、更衣室、卫生间、换鞋室、过道和资料室）。

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的相关规定，确定以本项目杂交手术室边界外 50m 范围作为评价范围。根据现场调查分析可知，本次评价项目实体边界外 50m 范围主要为和风路、医院的内部建筑物、内部道路和内部河流，不涉及江苏省国家级生态保护红线和江苏省生态空间管控区范围。因此，本项目保护目标主要为本项目辐射工作人员以及评价范围内的其他医护工作人员、患者、家属。

1.2.3 选址合理性分析

本项目位于江南大学附属医院南院区国家创伤区域医疗中心四层杂交手术室，四层主要功能是手术中心，三层主要功能是专家门诊、烧创伤伤口治疗中心、门诊手术室、整形美容中心和住院药房，五层主要功能是 EICU，杂交手术室的设置充分考虑了邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全。本次评价项目实体边界外 50m 范围主要为和风路、医院的内部建筑物、内部道路和内部河流，不涉及江苏省国家级生态保护红线和江苏省生态空间管控区范围。

项目运营过程产生的电离辐射，经采取一定的辐射防护措施后，对周围环境与公众造成的影响是可接受的，故本项目的选址是合理的。

1.3 产业政策符合性

本项目属于核技术在医学领域内的运用，对照《产业结构调整指导目录（2019年本）》（2021年修订），本项目的建设属于第十三项“医药”中第五条“新型医用诊断医疗仪器设备和试剂、**数字化医学影像设备**，人工智能辅助医疗设备，高端放射治疗设备，电子内窥镜、手术机器人等高端外科设备，新型支架、假体等高端植入介入设备与材料及增材制造技术开发与应用，危重病用生命支持设备，移动与远程诊疗设备，新型基因、蛋白和细胞诊断设备”项目，属于国家鼓励类产业；对照《江苏省工业和信息产业结构调整指导目录（2012年本）》（2013年修正），本项目不属于限制类、淘汰类。综上，本项目符合国家和地方现行产业政策。

1.4 实践正当性分析

本项目的建设可以更好地满足患者就诊需求，提高对疾病的诊治能力。核技术在医学领域内的运用，对保障人民群众身体健康、拯救生命起了十分重要的作用，因此，该项目的实践是必要的。

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

1.5“三线一单”符合性分析

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；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；本项目的建设符合江苏省“三线一单”生态环境分区管控要求。

1.6 原有核技术利用项目情况

1.6.1 医院原有项目辐射安全许可证情况

医院目前已取得江苏省生态环境厅颁发的辐射安全许可证，证书编号为苏环辐证

[00290]，许可种类和范围为“使用III类、V 类放射源；使用 II 类、III类射线装置；生产、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”，有效期至 2027 年 11 月 10 日。医院辐射安全许可证件见附件 3。

许可内容包含使用 1 枚III类 ^{192}Ir 放射源（后装治疗），3 枚 V 类 ^{68}Ge 校验源；核医学科使用 ^{18}F、^{15}O、^{13}N、^{11}C（以上 4 种核素由回旋加速器制备）、^{89}Zr、^{201}TI、^{99m}Tc、^{89}Sr、^{153}Sm、^{188}Re、^{32}P、^{131}I、^{125}I、^{68}Ga、^{67}Ga 的乙级非密封工作场所，使用 ^{14}C 的丙级非密封工作场所；使用回旋加速器 1 台、直线加速器 4 台、DSA5 台以及 CT 等III类射线装置 38 台。

1.6.2 原有核技术利用项目环保手续履行情况

医院原有核技术利用项目环保履行情况见表 1-3～1-5。

表 1-3　医院原有放射源使用情况

序号	核素名称	总活度(Bq)/活度（Bq）×枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	环评情况	许可情况	验收情况
1	^{192}Ir	3.7E+11*1	III类	使用	后装治疗机	肿瘤中心（南区）	已环评	已许可	已验收
2	^{68}Ge	9.2E+07*1	V类	使用	刻度/校准源	核医学科			
3	^{68}Ge	4.6E+07*2	V类	使用	刻度/校准源	核医学科			

表 1-4　医院原有非密封放射性物质使用情况

序号	核素名称	使用场所	日等效最大操作量（Bq）	年最大用量（Bq）	场所等级	活动种类和范围	环评情况	许可情况	验收情况
1	^{89}Zr	核医学科	1.48E+07	3.7E+11	乙级	使用	已环评	已许可	已验收
2	^{201}Tl		1.85E+06	4.62E+11	乙级	使用			
3	^{99m}Tc		3.7E+07	9.25E+12	乙级	使用			
4	^{89}Sr		3.7E+06	9.25E+10	乙级	使用			
5	^{153}Sm		3.7E+07	9.25E+11	乙级	使用			
6	^{188}Re		3.7E+07	9.25E+11	乙级	使用			
7	^{32}P		1.75E+07	4.38E+11	乙级	使用			
8	^{15}O	医用回旋加速器中心	2E+08	5E+12	乙级	生产			
9	^{15}O	核医学科	1.48E+06	3.7E+11	乙级	使用			
10	^{13}N	医用回旋加速器中心	2E+08	5E+12	乙级	生产			
11	^{13}N	核医学科	1.48E+06	3.7E+11	乙级	使用			
12	^{131}I		3.70037E+09	2.59092E+12	乙级	使用			
13	^{125}I	介入治疗中	1.85E+07	6.875E+10	丙级	使用			

	（粒子源）	心							
14	^{125}I（粒子源）	核医学科	2.775E+08	1.03125E+12	乙级	使用			
15	^{125}I		3.7E+07	8.88E+11	乙级	使用			
16	^{68}Ga		1.48E+06	3.7E+11	乙级	使用			
17	^{67}Ga		3.7E+07	8.88E+10	乙级	使用			
18	^{18}F	医用回旋加速器中心	3.7E+08	9.25E+12	乙级	生产			
19	^{18}F	核医学科	1.48E+07	3.7E+12	乙级	使用			
20	^{14}C	临床试验研究中心	3.38E+06	6E+08	丙级	使用			
21	^{11}C	医用回旋加速器中心	3.7E+08	9.25E+12	乙级	使用			
22	^{11}C	核医学科	1.48E+06	3.7E+11	乙级	使用			

表 1-5　医院原有核技术应用项目射线装置清单

序号	名称	数量	类别	型号	工作场所	环评情况	许可情况	验收情况
1	模拟定位机	1	III类	SL-IP	肿瘤中心（南区）：肿瘤中心负一层模拟定位室	已环评	已许可	已验收
2	全景牙片机	1	III类	Xc-digital	医学影像科：北区影像科 2 号机房			
3	回旋加速器	1	II类	HM-102	医用回旋加速器中心：回旋加速器中心			
4	直线加速器	1	II类	Elekta synergy	放疗小区（北区）			
5	PET-CT	1	III类	BRIOGRPH64	核医学科：肿瘤中心 B 楼一层 PET/CT 机房 2			
6	SPECT	1	III类	Discovery NM/CT670	核医学科：肿瘤中心 B 楼一层 SPECT/CT 机房 1			
7	DSA	1	II类	Innova Pathfinder-31	介入治疗中心：北区放疗小区内			
8	西门子 CT	1	III类	Sensation64	医学影像科：北区 CT 二室			
9	多层面 CT	1	III类	optimaCT660	医学影像科：北区 CT 一室			
10	骨密度仪	1	III类	XR-600	核医学科：肿瘤中心 B 楼二层骨密度机房			
11	DR 摄片机	1	III类	Digitd Diagnost	医学影像科：北区影像科 1 号机房			
12	数字胃肠机	1	III类	Luminous Fusion	医学影像科：北区影像科 4 号机房			
13	乳腺钼靶机	1	III类	西门子 Inspiration	医学影像科：北区乳腺钼靶机房			
14	DR 摄片	1	III	幻影无线	医学影像科：北区影像科			

	机		类		5 号机房			
15	移动 DR	1	III 类	XR220	医学影像科：北区肠道门诊			
16	牙片机	1	III 类	Intra0s	医学影像科：北区门诊三楼牙片机房			
17	医用 CT	1	III 类	Revolution CT	医学影像科：南区门诊医技楼一层 CT1 室			
18	DSA	1	II类	UNIQ Clarity FD20	介入治疗中心：南区门诊医技楼一层 DSA 机房			
19	DSA	1	II类	Azurion 7M12	介入治疗中心：南区病房三楼 DSA 室			
20	CT	1	III 类	IQON Spectral CT	医学影像科：南区门诊医技楼一层 CT2 室			
21	口腔 CT	1	III 类	OP300-1	医学影像科：南区门诊五楼口腔科口腔 CT 机房			
22	牙片机	1	III 类	FOCUS	医学影像科：南区门诊五楼口腔科牙片机房			
23	DSA	1	II类	Discovery IGS 7 OR	介入治疗中心：南区复合手术室			
24	DR	1	III 类	DigitalDiagnost C50 65	医学影像科：南区门诊医技楼一层摄片 1 室			
25	DR	1	III 类	DigitalDiagnost C50 65	医学影像科：南区门诊医技楼一层摄片 2 室			
26	直线加速器	1	II类	VitalBeam	肿瘤中心（南区）：肿瘤中心 B 楼负一层加速器机房 1			
27	直线加速器	1	II类	VitalBeam	肿瘤中心（南区）：肿瘤中心 B 楼负一层加速器机房 2			
28	直线加速器	1	II类	VitalBeam	肿瘤中心（南区）：肿瘤中心 B 楼负一层加速器机房 3			
29	模拟定位 CT	1	III 类	Discovery RT	肿瘤中心（南区）：肿瘤中心楼地下一层模拟 CT 机房			
30	CT	1	III 类	uCT 760	医学影像科：门诊楼一层急诊 CT			
31	C 臂机	1	III 类	BV Pulsera	手术室：门诊楼五层第七检查室（ERCP 机房）			
32	DR	1	III 类	DigitalDiagnost	医学影像科：门诊楼一层急诊 DR 机房			
33	DR	1	III 类	Multix Fusion Max 翔龙 Max	医学影像科：肿瘤中心 B 楼三层 DR 机房			
34	CT	1	III 类	uCT 530	医学影像科：肿瘤中心 B 楼三层 CT 机房			
35	乳腺钼靶机	1	III 类	GIOTTO IMAGE 3D	医学影像科：门诊楼一层乳腺摄片室二			
36	体外冲	1	III	CS-2012A-3D	医学影像科：门诊楼四层			

	击波碎石机		类		碎石室			
37	DR	1	III类	DigitalDiagnost 3	医学影像科：门诊楼一层医学影像科 X 线摄片室 2			
38	移动 DR	1	III类	SM-50HF-B-D-C	医学影像科：病房			
39	C 臂机	1	III类	GE OEC Fluorostar Compact D	手术室：门诊楼四楼手术室 24			
40	C 臂机	1	III类	BV Endura	手术室：门诊楼四楼手术室 23			
41	C 臂机	1	III类	BV Libra	手术室：门诊楼四楼手术室 19			
42	DSA	1	II类	UNIQ FD20	介入治疗中心：门诊楼一楼介入手术室（2）			
43	C 臂机	1	III类	BV Libra	手术室：北院区住院楼 14 楼手术室 3			
44	SPECT/CT	1	III类	Symbia Intevo 6	核医学科：核医学科一楼 SPECT2 室			
45	方舱 CT	1	III类	Optima CT620	医学影像科：门诊一楼发热门诊方舱			
46	移动 DR	1	III类	DRX-Revolution	医学影像科：门诊一楼影像科 DR3 室			
47	数字胃肠机	1	III类	Luminous Fusion	医学影像科：门诊一楼影像科胃肠机室			
48	CT	1	III类	UCT530	医学影像科：门诊一楼影像科 CT3 室			

1.6.3 原有核技术利用项目运行情况、辐射防护和监测情况

医院严格遵守《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关辐射防护法律、法规，配合各级生态环境部门监督和指导，辐射防护设施运行、维护、检测工作良好，在辐射安全和防护制度的建立、落实以及档案管理等方面运行良好。

医院辐射工作场所设有电离辐射警示标志和工作状态指示灯，各机房通风良好，屏蔽防护措施满足要求；各机房设置铅玻璃观察窗，能清楚观察到机房内情况；控制室和机房之间设置对讲装置，方便医务人员和受检者沟通；各机房周围辐射水平符合相关标准规定的要求。由现场调查情况可知，医院已采取相应的辐射防护措施，本次环评认为医院辐射防护措施以及管理制度满足目前辐射防护要求。

另外，医院为受检者配备了相应的放射防护用品，如铅橡胶围裙、铅橡胶颈套等，医院现有射线装置已委托有资质的单位进行年度监测，并编制监测报告，现有射线装置未对放射性工作场所外周围环境造成放射性影响，机房周边辐射剂量率符合满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）标准的要求。

1.6.4 医院原有核技术利用项目管理情况

（1）辐射安全防护管理机构

根据相关法律、法规、规范的要求，医院目前已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确了管理人员职责。

（2）辐射工作制度

医院已制定了《辐射安全事故应急预案》、《放射防护管理制度》、《放射人员培训、个人剂量、辐射环境监测管理制度》、《放射性废物管理制度》、《辐射防护和安全保卫制度》、《岗位职责和操作规程制度》等综合规章管理制度。已有管理制度较健全，基本能够满足原有辐射防护管理需要。

（3）辐射安全与防护培训情况

目前院区所有辐射工作人员取得《辐射安全和防护培训》合格证书，取得辐射安全培训合格证书的人员，应当每五年接受一次再培训

（4）个人剂量监测及职业健康体检情况

辐射工作期间，要求辐射工作人员佩戴个人剂量计，建立剂量健康档案并终生存档保存，个人剂量计最长不超过 90 天送检一次。医院开展了辐射工作人员剂量监测，现有辐射工作人员个人剂量监测报告见附件 10。由监测报告结果可以看出：个人剂量剂均为完好状态，2021 年 6 月~2022 年 6 月连续四个季度的辐射工作人员个人剂量监测结果显示，医院辐射工作人员个人剂量监测结果符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对辐射工作人员要求的剂量限值，即年剂量约束值 5mSv。

医院已为辐射工作人员进行了上岗前和在岗期间的职业健康检查，体检结果表明现有辐射工作人员可继续放射工作。

（5）辐射工作场所情况

医院现有辐射工作场所设置有电离辐射警告标志、报警装置和工作状态指示灯等。根据放射诊断不同项目实际情况，医院划分有辐射防护控制区和监督区，并采取了分区管理，进行了积极、有效的管控。

现有辐射设备辐射安全防护措施在竣工验收时已进行查验，通过环保验收，且每年均进行检查并委托有资质单位进行场所检测，近三年监测结果均满足标准要求，医院现有辐射工作场所辐射安全防护措施满足要求。

（6）工作场所检测

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

（7）辐射应急演练和年度评估

医院已制定《辐射安全事故应急预案》（见附件 9），定期开展辐射事故应急演练，并对演练结果进行总结，并及时对辐射事故应急预案进行完善和修订。经与医院核实，自辐射活动开展以来，未发生过辐射事故。

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

表 2 放射源

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

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

表 3 非密封放射性物质

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

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
	无									

（二）X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压（kV）	最大管电流（mA）	用途	工作场所	备注
1	DSA	II	1	待定	125	1250	影像诊断和介入治疗	国家创伤区域医疗中心四层杂交手术室	新增

（三）中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧和氮氧化物	气体	/	/	少量	少量	少量	/	直接进入大气，臭氧可在50分钟后自然分解。
介入手术产生的药棉、纱布、手套和器具等医疗废物	固体	/	/	约 10kg	约 120kg	/	暂存在污物暂存间	医疗废物采用专用容器分类收集，待手术结束，从杂交手术室运至同楼层的污物暂存间内暂存，作为医疗废物委托有资质单位进行处置。

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

2.含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m^3）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

法规文件	（1）《中华人民共和国环境保护法》（2014 年修订），中华人民共和国主席令第九号，自 2015 年 1 月 1 日起施行； （2）《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年修订），2018 年 12 月 29 日第十三届全国人民代表大会常务委员会第七次会议修订并施行； （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，自 2003 年 10 月 1 日起施行； （4）《建设项目环境保护管理条例》（2017 年修订），中华人民共和国国务院令第 682 号，自 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 年版）》，生态环境部部令第 16 号，自 2021 年 1 月 1 日起施行； （6）《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019 年修订），根据 2019 年 3 月 2 日《国务院关于修改部分行政法规的决定》第二次修订； （7）《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》（环办辐射函[2016]430 号）； （8）《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修订），2021 年 1 月 4 日经《关于废止、修改部分生态环境规章和规范性文件的决定》（生态环境部令第 20 号）修改； （9）《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原环境保护部令第 18 号，自 2011 年 5 月 1 日起施行； （10）《关于发布<射线装置分类>的公告》，原环境保护部 国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号，自 2017 年 12 月 5 日起施行； （11）《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2021 年修订），中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 49 号，自 2021 年 12 月 30 日起施行； （12）《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 24 日印发； （13）《江苏省辐射污染防治条例》（2018 年修正），江苏省人大常委会公告第 2 号，自 2018 年 5 月 1 日起施行； （14）《江苏省生态环境厅关于印发辐射安全许可证办理等工作程序和规范

	的通知》（苏环规〔2019〕4 号），江苏省生态环境厅，2019 年 11 月 19 日印发； （15）《省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》（苏政办[2018]74 号），江苏省人民政府，2018 年 6 月 9 日发布； （16）《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），江苏省人民政府，2020 年 1 月 8 日发布； （17）《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），江苏省人民政府，2020 年 6 月 21 日发布； （18）《省政府办公厅关于印发江苏省辐射事故应急预案的通知》（苏政办函[2020]26 号），江苏省人民政府办公厅，2020 年 2 月 19 日发布； （19）《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》，原国家环保总局，环发[2006]145 号，2006 年 9 月 26 日发布。
技术标准	（1）《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）； （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》（HJ10.1-2016）； （3）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； （4）《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）； （5）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）； （6）《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）； （7）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）。
其他	附图 （1）项目地理位置图 （2）医院周边环境关系示意图 （3）医院总平面布置图 （4）杂交手术室平面布局及两区划分图 （5）杂交手术室下方示意图 （6）杂交手术室上方示意图 附件 （1）委托书 （2）事业单位法人证书

（3）辐射安全许可证

（4）关于调整江南大学附属医院（无锡市第四人民医院）易地建设项目有关建设内容和总投资的批复

（5）关于江南大学附属医院南院区国家创伤区域医疗中心（原烧伤楼）建设项目环境影响报告表的批复

（6）辐射环境本底监测报告

（7）医院辐射安全与环境保护管理领导小组

（8）医院现有辐射相关制度

（9）医院辐射安全事故应急预案

（10）医院现有辐射工作人员最近一年度的个人剂量监测报告

（11）射线装置使用承诺书

（12）屏蔽设计说明

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）中“放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围）”，本项目 DSA 属于Ⅱ类射线装置，因此本次辐射环境评价范围取杂交手术室的实体屏蔽边界外延 50m 为评价范围，评价范围详见附图 3。

7.2 保护目标

根据现场踏勘情况，本项目杂交手术室实体边界外 50m 评价范围内主要为和风路、医院的内部建筑物、内部道路和内部河流。评价范围内无居住区，文物保护单位，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，自然公园，重要湿地，天然林，水土流失重点预防区和重点治理区，沙化土地封禁保护区，封闭及半封闭海域，重要物种的天然集中分布区、栖息地，重要水生生物的产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道，迁徙鸟类的重要繁殖地、停歇地、越冬地以及野生动物迁徙通道等生态敏感区和环境敏感区。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；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；本项目的建设符合江苏省“三线一单”生态环境分区管控要求。

因此，本项目保护目标主要为本项目辐射工作人员以及评价范围内的医院工作人员、患者、家属、和风路路上行人。具体详见表 7-1。

表 7-1 本项目评价范围内环境保护目标情况一览表

名称	环境保护目标		方位	与本项目边界最近距离（m）	规模
辐射工作人员	本项目医护人员	杂交手术室	内部	/	7 人
	本项目医护人员和技师	控制室	南侧	紧邻	
公众	医院工作人员和患者	8 号手术室	东侧	紧邻	约 5 人
	医院工作人员和患	院内道路	东侧	17	流动人员

	者、家属等流动人员				
	/	院内小河	东侧	42	宽度 15m
	患者、家属等流动人员	前室	南侧	紧邻	流动人员
	医院工作人员和患者、家属等流动人员	院内道路	南侧	17	流动人员
	路上行人等流动人员	和风路	南侧	36	流动人员
	医院工作人员	缓冲间和走廊	西侧	紧邻	流动人员
	医院工作人员和患者、家属等流动人员	院内道路	西侧	47	流动人员
	医院工作人员	医护廊	北侧	紧邻	流动人员
	医院工作人员	设备间和污物走廊	北侧	紧邻	平时无人员居留
	医院工作人员和患者、家属等流动人员	院内道路	北侧	15	流动人员
	医院工作人员和患者、家属等流动人员	核医学中心楼	北侧	30	约 20 名工作人员，其余为流动人员
		整形美容中心（包括候诊大厅、更衣室、卫生间、换鞋室、过道和资料室）	下方	紧邻	约 20 名工作人员，其余为流动人员
		EICU（包括病房和走廊）	上方	紧邻	约 20 名工作人员，其余为流动人员

7.3 评价标准

7.3.1《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

（1）剂量限值

①职业人员

B1.1.1.1 应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

a）由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv；

b）任何一年中的有效剂量，50mSv；

c）四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv；

②公众人员

B1.2.1 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；

b）特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv。

（2）剂量约束值

11.4.3.2 剂量约束值通常应在公众照射剂量限值 10%～30%（即 0.1mSv～0.3 mSv）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。

本次评价以职业照射剂量限值的 1/4 即 5mSv/a 作为职业人员的剂量约束值，以公众照射剂量限值的 1/10 即 0.1mSv/a 作为公众人员的剂量约束值。

7.3.2《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）

6.3X 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；

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 25 μSv/h，当超过时应进行机房外人员的年有效剂量评估，应不大于 0.25 mSv；

6.4X 射线设备工作场所防护

6.4.1 机房应设有观察窗或摄像监控装置，其设置的位置应便于观察到受检者状态及防护门开闭情况。

6.4.2 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。

6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。

6.4.4 机房门外应有电离辐射警告标志；机房门上方应有醒目的工作状态指示灯，灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句；候诊区应设置放射防护注意事项告知栏。

6.4.5 平开机房门应有自动闭门装置；推拉式机房门应设有曝光时关闭机房门的管理措施；工作状态指示灯能与机房门有效关联。

6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。

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

内。

6.4.10 机房出入门宜处于散射辐射相对低的位置。

6.5.3 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 0.5mmPb。

6.5.5 个人防护用品不使用时，应妥善存放，不应折叠放置，以防止断裂。

表 1　X 射线设备机房（照射室）使用面积、单边长度的要求

设备类型	机房内最小有效使用面积 [d] m^2	机房内最小单边长度 [e] m
CT 机（不含头颅移动 CT）	30	4.5
单管头 X 射线机 [b]（含 C 形臂，乳腺 CBCT）	20	3.5
b 单管头、双管头或多管头 X 射线机的每个管球各安装在 1 个房间内； d 机房内有效使用面积指机房内可划出的最大矩形面积； e 机房内单边长度指机房内有效使用面积的最小边长。		

表 2　不同类型 X 射线装置设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

机房类型	有用线束方向 铅当量 mmPb	非有用线束方向 铅当量 mmPb
标称 125kV 及以下的摄影机房	2	1
C 型臂 X 射线设备机房	2	2
CT 机房（不含头颅移动 CT） CT 模拟定位机房	2.5	

7.3.3 参考资料

《江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究》，刘明、王承保。辐射防护，1993 年第 13 卷第 2 期。

表 7-2　江苏省环境天然γ射线（空气吸收）剂量率调查结果　单位：nGy/h

	原野γ辐射剂量率	道路γ辐射剂量率	室内γ辐射剂量率
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

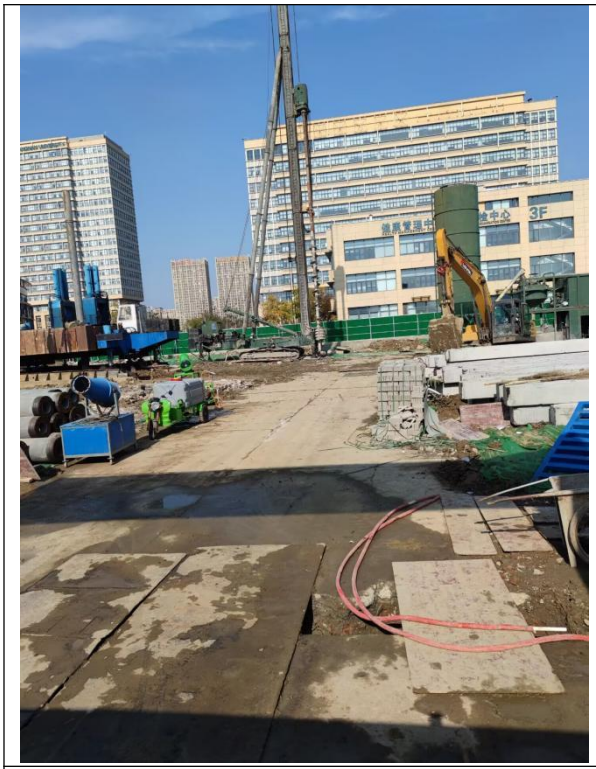
根据上表，本报告取江苏省天然贯穿辐射水平调查结果中的“均值±3 倍标准差”为评价参考范围，即原野γ辐射剂量率参考范围取（50.4±21.0）nGy/h 即 29.4nGy/h~71.4nGy/h，道路γ辐射剂量率参考范围取（47.1±36.9）nGy/h 即 10.2nGy/h~84nGy/h，室内γ辐射剂量率参考范围取（89.2±42.0）nGy/h 即 47.2nGy/h~131.2nGy/h。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

本项目拟建于江南大学附属医院南院区，即江苏省无锡市滨湖区和风路1000号。本项目位于南院区国家创伤区域医疗中心四层杂交手术室，国家创伤区域医疗中心地上最高12层，地下2层。国家创伤区域医疗中心地上最高12层，地下2层。国家创伤区域医疗中心东侧为院内道路和院内小河，隔河为医院远期待建区；南侧为院内道路，隔路为和风路，隔和风路为规划绿地；西侧为院内道路，隔路为前杨道，隔前杨道为院内绿化和门诊医技楼；北侧为院内道路，隔路为核医学中心楼。

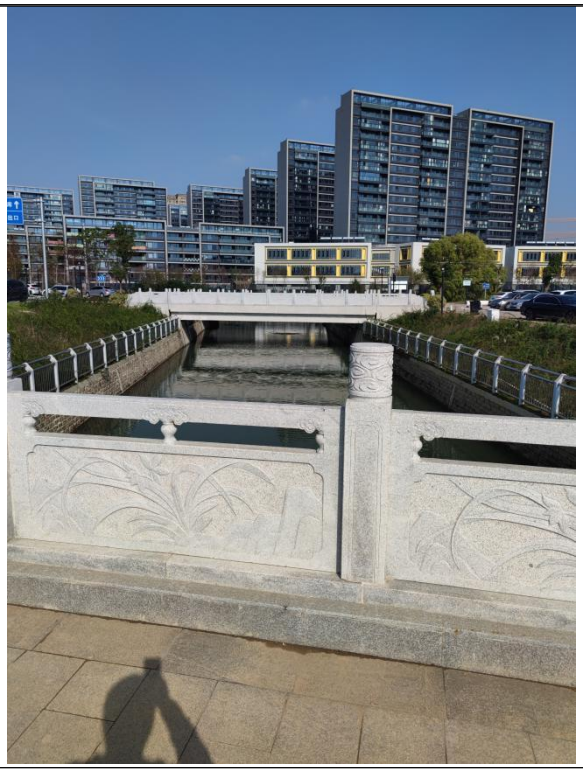
杂交手术室东侧为 8 号手术室；南侧为控制室和前室；西侧为缓冲间和走廊；北侧为设备间、污物走廊和医护廊；楼上是 EICU（包括病房和走廊），楼下是整形美容中心（包括候诊大厅、更衣室、卫生间、换鞋室、过道和资料室）。本项目拟建的杂交手术室所在的国家创伤区域医疗中心尚未建成，故杂交手术室的四侧现场照片情况以国家创伤区域医疗中心所在地块四侧情况代替。



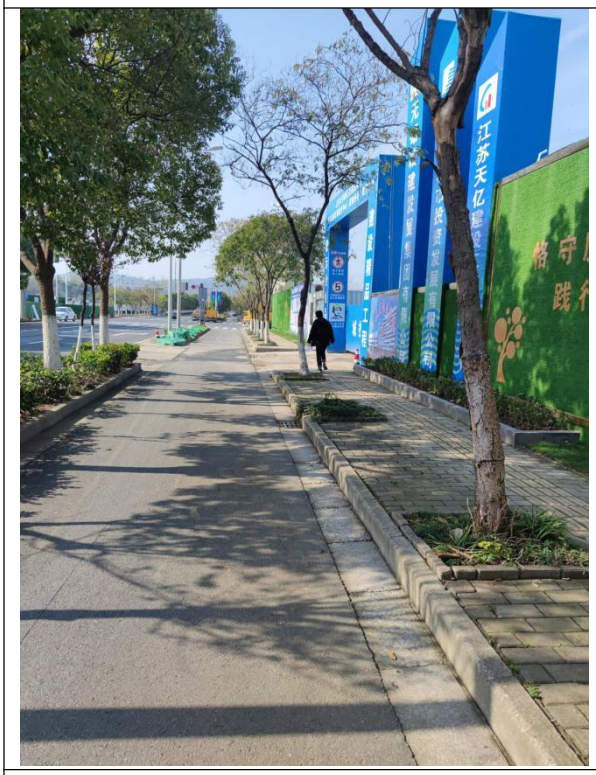


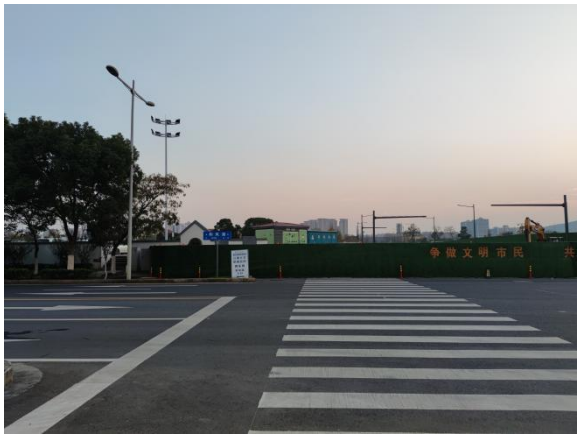
国家创伤区域医疗中心施工现场



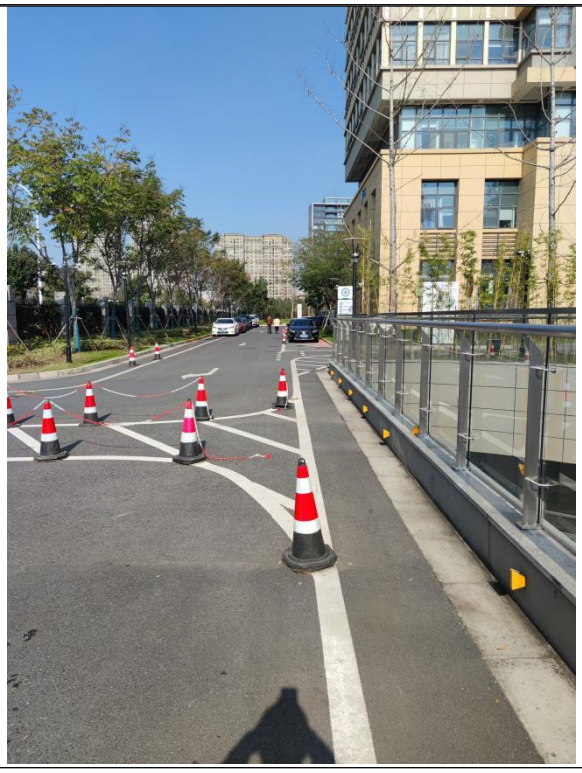


东侧：院内道路和院内小河，隔河为医院远期待建区





南侧：院内道路，隔路为和风路，隔和风路为规划绿地





西侧：院内道路，隔路为前杨道，隔前杨道为院内绿化和门诊医技楼





北侧：院内道路，隔路为核医学中心楼

8.2 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

8.2.1 环境现状评价对象

杂交手术室拟建地及周边环境

8.2.2 监测因子

γ辐射空气吸收剂量率

8.2.3 监测点位

2022 年 12 月 6 日监测γ辐射空气吸收剂量率时，本项目拟建的杂交手术室所在的国家创伤区域医疗中心尚未建成，仍为空地，环境状况较为单一。考虑兼顾点位现状可到

达性的条件下，在国家创伤区域医疗中心所在地块均匀布设 6 个监测点，在周边布设 13 个监测点。具体监测点位布置情况详见下图。

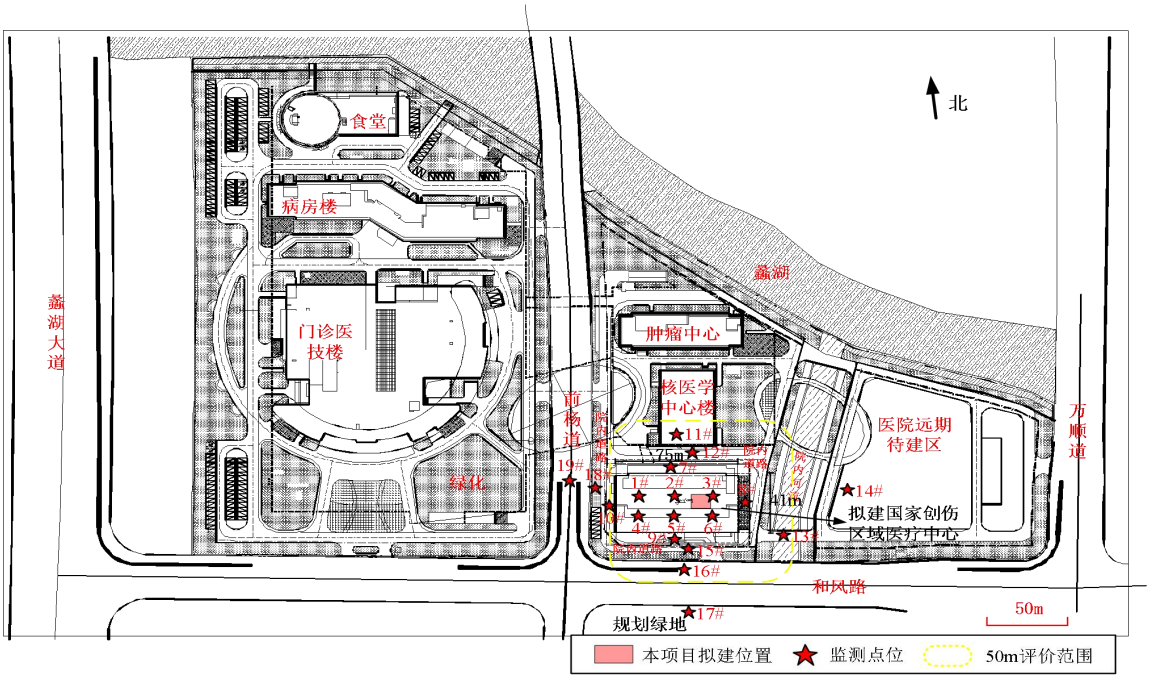


图 8-1　本项目本底监测点位图

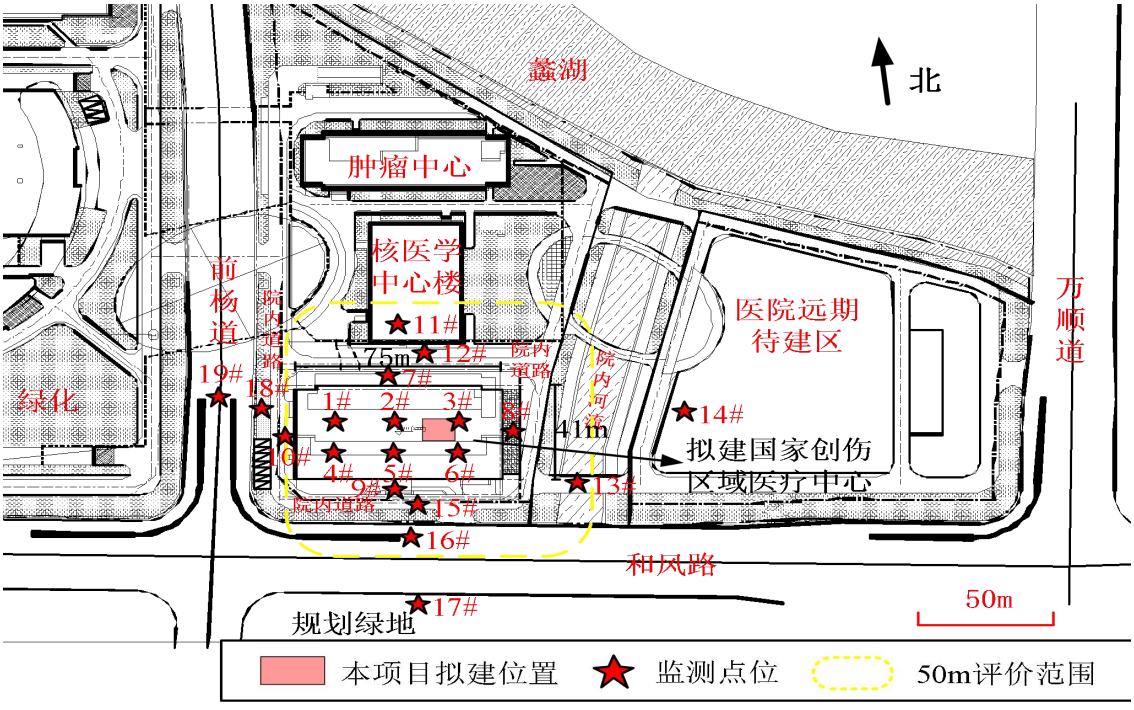


图 8-2　本项目本底监测点位图（局部放大）

8.3 监测方案、质量保证措施及监测结果

8.3.1 监测方案

（1）监测单位：浙江建安检测研究院有限公司

（2）监测日期：2022 年 12 月 6 日

（3）监测对象与项目：γ辐射空气吸收剂量率

（3）监测方式：现场监测

（4）监测依据：《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）；《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；

（5）天气环境条件：天气：晴；温度：20℃；湿度：58%RH

（6）监测设备

表 8-1　X、γ辐射剂量当量率仪

仪器名称	X、γ辐射剂量当量率仪
仪器型号	FH40G-L10+FHZ672E-10
生产厂家	Thermo SCIENTITIC
仪器编号	05035404
能量范围	40KeV～4.4MeV
量　　程	主机：10nSv/h～100mSv/h；探头：1nSv/h～100μSv/h
校准单位	上海市计量测试技术研究院，华东国家计量测试中心
校准证书	2022H21-10-3832004001
校准日期	2022 年 03 月 01 日

8.3.2 质量保证措施

①本项目辐射环境监测单位为浙江建安检测研究院有限公司，具有中国国家认证认可监督管理委员会颁发的资质认定计量认证证书、质量管理体系认证及环境管理体系认证，证书编号为 22112050970，并在允许范围内开展工作和出具有效的监测报告，保证了监测工作的合法性和有效性。

②采用国家有关部门颁布的监测标准方法，每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。

③监测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用。

④监测实行全过程的质量控制，严格按照浙江建安检测研究院有限公司《质量手册》、《程序文件》及仪器作业指导书的有关规定执行，监测人员经培训、考核合格后上岗。

⑤监测报告严格实行三级审核制度，经校核、审核，最后由技术总负责人审定。

8.3.3 监测结果

本项目辐射环境现状各监测点位的监测结果见下表。

表 8-2　拟建场所及周围γ辐射空气吸收剂量率监测结果

监测点编号	测量位置	监测结果（nGy/h）	备注
1#	拟建国家创伤区域医疗中心点位 1	61±2.2	室外
2#	拟建国家创伤区域医疗中心点位 2	60±2.5	室外
3#	拟建国家创伤区域医疗中心点位 3	64±2.4	室外
4#	拟建国家创伤区域医疗中心点位 4	62±2.7	室外
5#	拟建国家创伤区域医疗中心点位 5	60±2.6	室外
6#	拟建国家创伤区域医疗中心点位 6	60±3.0	室外
7#	拟建国家创伤区域医疗中心北侧	60±3.4	室外
8#	拟建国家创伤区域医疗中心东侧	62±2.9	室外
9#	拟建国家创伤区域医疗中心南侧	63±2.1	室外
10#	拟建国家创伤区域医疗中心西侧	62±3.3	室外
11#	核医学中心楼（室内）	114±3.3	室内
12#	院内道路	66±2.9	室外
13#	院内道路	63±2.9	室外
14#	医院远期待建区	61±2.4	室外
15#	院内道路	62±2.5	室外
16#	和风路	62±3.4	室外
17#	规划绿地	60±3.5	室外
18#	院内道路	62±3.0	室外
19#	前杨路	58±4.0	室外

注：1、测量时探头距离地面约 1m；

2、每个监测点测量 10 个数据取平均值，以上监测结果均已对宇宙射线的响应值修正；

3、环境γ辐射空气吸收剂量率=读数平均值×校准因子 k_1×仪器检验源效率因子 k_2÷空气比释动能和周围剂量当量的换算系数-屏蔽修正因子 k_3×测量点宇宙射线响应值 Dc，校准因子 k_1 为 1.12，仪器使用 ^{137}Cs 进行校准，效率因子 k_2 取 1，换算系数为 1.20Sv/Gy，k_3 楼房取 0.8、平房取 0.9、原野和道路取 1，仪器对宇宙射线的响应值为 9nGy/h；

4、室内监测点为楼房，k_3 取 0.8。

由表 8-2 监测结果可知，本项目监测点位室内γ辐射空气吸收剂量率为 114 nGy/h，处于江苏省室内天然γ辐射水平；室外γ辐射空气吸收剂量率范围为 58 nGy/h~66 nGy/h，基于江苏省道路天然γ辐射水平。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备和工艺分析

9.1.1 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、高压注射器、操作台、控制装置及工作站系统组成。典型 DSA 装置整体外观示意图如图 9-1 所示。

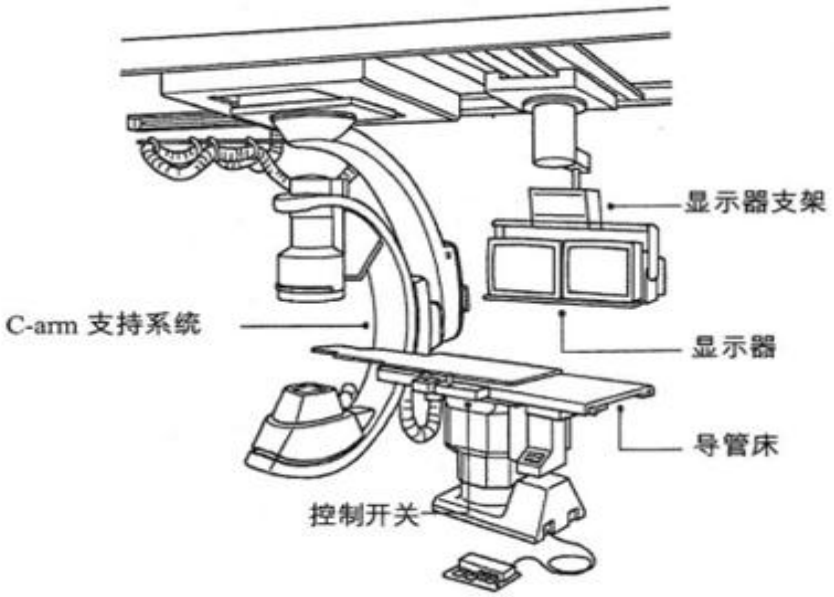


图9-1　典型DSA装置整体外观示意图

9.1.2 工作原理

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

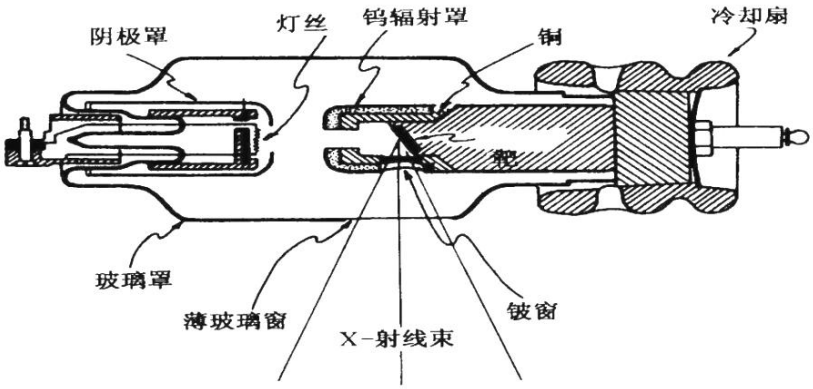


图 9-2　典型 X 射线管结构图

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

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

9.1.3 操作流程及产污环节

（1）DSA 射线装置操作流程

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

DSA 在进行曝光时分为两种情况：

a、DSA 检查采用隔室操作方式，通过控制 DSA 的 X 线系统曝光，采集造影部位图像。具体方式是受检者位于检查床上，医护人员调整 X 线球管、人体、影像增强器三者之间的距离，然后进入控制室，关好防护门。技师通过控制室的电子计算机系统控制 DSA 的 X 系统曝光，采集造影部位图像。医生根据该图像确诊患者病变的范

围、程度，选择治疗方案。

b、DSA 介入治疗采用近台同室操作方式。通过控制 DSA 的 X 线系统曝光，对患者的部位进行间歇式透视。具体方式是受检者位于手术床上，介入手术医生位于手术床一旁，距 DSA 的 X 线管 0.5~1.0m 处，在非主射束方向，配备个人防护用品（如铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套等），同时手术床旁配备铅悬挂防护屏、铅防护吊帘、床侧防护帘等辅助防护设施。介入治疗中，医生根据操作需求，踩动手术床下的脚踏开关启动 DSA 的 X 线系统进行透视（DSA 的 X 线系统连续发射 X 射线），通过悬挂显示屏上显示的连续画面，完成介入操作。医生、护士均佩戴防护用品。

（2）杂交手术操作流程

8 号手术室拟放置 1 台移动 CT（型号待定，最大管电压 140kV，最大管电流 800mA），8 号手术室与杂交手术室之间安装有铅防护门。移动 CT 在杂交手术室使用时，不与 DSA 同时运行。

a、进行介入手术治疗时，医护人员在杂交手术室内对病人进行直接的介入手术操作，属于同室操作；

b）需要 CT 曝光时，打开 8 号手术室与杂交手术室之间的铅防护门，移动 CT 移动至杂交手术室。

c）CT 移动到杂交手术室内后，杂交手术室和 8 号手术室之间的铅防护门关闭。医护人员退出杂交手术室，技师在控制室内操作移动 CT 进行隔室曝光，属于隔室曝光。移动 CT 不与 DSA 同时使用。

d）CT 诊断完成后，移动回 8 号手术室，8 号手术室与杂交手术室之间的铅防护门关闭。医护人员穿戴好防护用品后再次进入杂交手术室进行介入治疗直到治疗结束。

杂交手术室在一些复杂的手术作业中具有重大意义，由于在一些重大复杂的手术中，有时候需要通过 CT 诊断、DSA、手术分多次才能完成，而在杂交手术室中，医生可以将三者相结合起来，发挥各自优势。原本需要多次才能完成的手术，现在在一次手术中就能完成，避免患者在手术室和影像科之间多次转运，减少了多次麻醉和转运可能带来的风险，提高了手术效率和手术的安全性。

（3）产污环节分析

本项目产污环节如图 9-3 所示。

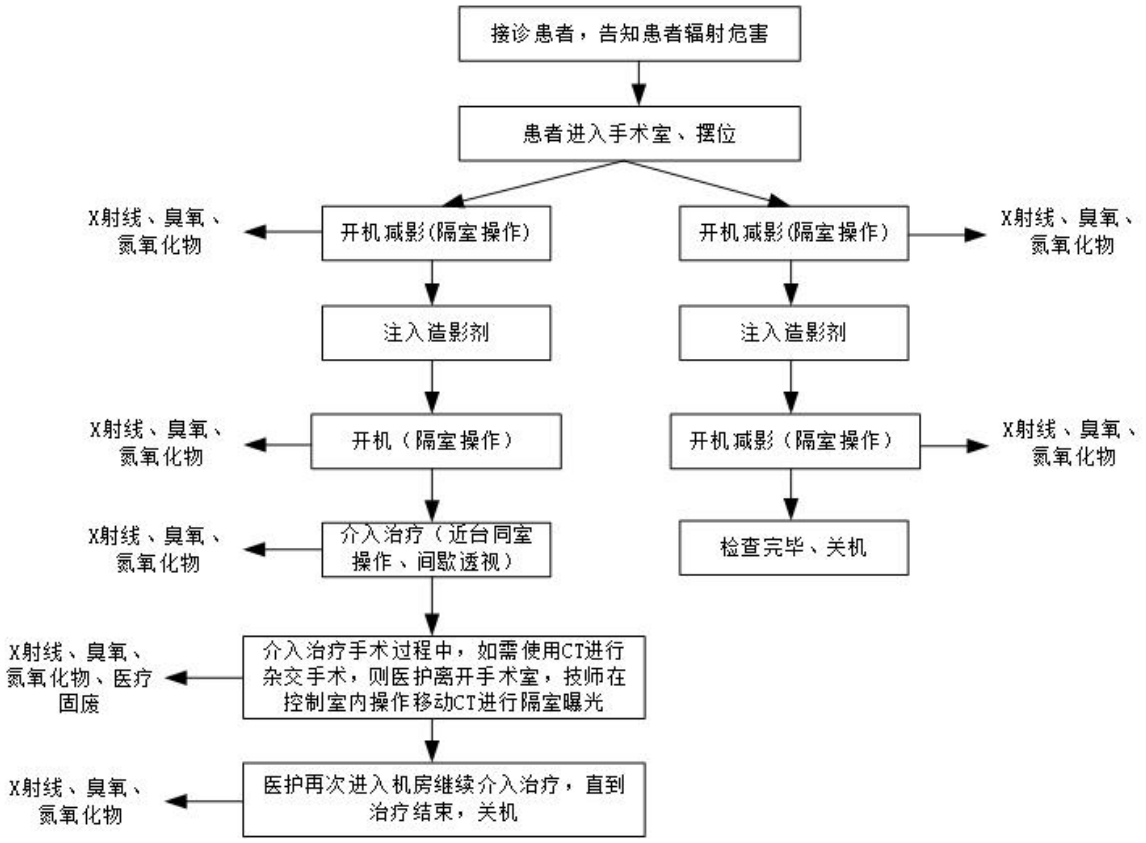


图 9-3　DSA 治疗流程及产污环节示意图

DSA 为 II 类射线装置，射线装置运行时，主要污染因子为 X 射线，注入的造影剂不含放射性，同时射线装置均采用先进的数字显影技术，不使用胶片冲洗显影，不会产生废显影液、废定影液和废胶片。由于 X 射线与空气电离作用，会产生微量的臭氧和氮氧化物。

综上可知，DSA 在开机状态下，产生的污染因子主要为 X 射线以及少量臭氧和氮氧化物，同时介入手术会产生医疗废物，无其他放射性废气、废水及固体废物产生。

9.1.4 工作负荷和人员配置

根据医院提供资料，本项目正常运行后，预计每年最大工作量为200台手术，主要是卒中中心、胸痛中心和创伤中心的救治，本项目手术涉及的科室主要有神经内科、神经外科、介入科和心血管内科。本项目DSA包括透视和摄影两种模式，1台手术减影最大曝光时间取2分钟，透视最大时间取20分钟，则DSA减影模式年总曝光时间为6.7h，透视过程年总曝光时间为66.7h。

本项目拟配备辐射工作人员 7 名，包括手术医生 4 人，护士 2 人和技师 1 人。本项目辐射工作人员采取轮班制，均为医院现有辐射人员，无需对外招聘。本项目辐射

工作人员相对固定，不存在操作其他射线装置情况。每台手术拟配备 1 名手术医生，1 名护士，1 名技师。预计参与 DSA 介入手术的医生每年最大手术量不大于 50 台，参与介入手术的护士年最大手术量不大于 100 台，参与介入手术的技师年最大手术量不大于 200 台。

辐射工作人员每天工作8小时，每年工作250天。本项目DSA工作负荷详见表9-1。

表9-1　本项目DSA工作负荷

射线装置	全年开展手术量（台）	工作模式	设备年总出束时间（h）	年出束时间（h）	单个医生年最大受照时间（h）	单个护士年最大受照时间（h）	单个技师年最大受照时间（h）
DSA	200	减影	6.7	73.4	1.7	3.35	6.7
		透视	66.7		16.7	33.4	66.7

9.1.5 人流、物流路径规划

（1）患者路径

患者由走廊进入前室，随后经防护门进入杂交手术室。治疗结束后，患者可按原路离开。

（2）辐射工作人员路径

辐射工作人员由缓冲区进入走廊，随后进入控制室，介入医护人员经防护门进入杂交手术室进行手术，技师在控制室进行设备操作。治疗结束后，辐射工作人员可按原路离开。

（3）污物路径

本项目介入手术会产生药棉、纱布、手套和器具等医疗废物，这些医疗废物采用专用容器收集后，待手术结束后从杂交手术室北侧防护门进入污物走廊，运至同楼层的污物暂存间。

9.2 污染源项描述

9.2.1 正常工况

（1）放射性污染因子

由 X 射线装置的工作原理可知，X 射线随机器的开、关而产生和消失。医院使用的 X 射线装置在非诊断状态下不产生射线，只有在开机并处于出束状态时才会发出 X 射线。因此，在开机期间，评价因子主要为 X 射线，X 射线包括有用线束（主束）、散射线和泄漏射线。由于射线能量较低，不必考虑感生放射性问题。

①有用线束（主束）

本项目 DSA 的主束方向主要为由下朝上。有用线束的射线能量、强度与 X 射线管靶物质、管电压、管电流有关。DSA 具有自动照射量控制调节功能（AEC），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。

本项目 DSA 包括透视和减影两种模式，根据医院提供资料，当 DSA 运行管电压为额定电压的极端情况时，透视模式下的电流不大于 110mA，拍片模式下的电流不大于 500mA；DSA 正常运行时，透视模式的工况为（60～80）kV/（5～20）mA，减影模式的工况为（60～90）kV/（100～500）mA。

保守考虑，本项目 DSA 的减影模式取电压为 90kV，电流为 500mA。根据《辐射防护手册》（第三分册）图 3.1，当等效总滤过为 2.5mmAl，电压为 90kV，离靶 1m 处空气中的空气比释动能取值为 0.075mGy/mAs，则减影模式距靶点 1m 处的最大剂量率为 1.35×10^{8}μGy/h。

本项目 DSA 的透视模式取电压为 80kV，电流为 20mA。根据《辐射防护手册》（第三分册）图 3.1，当等效总滤过为 2.5mmAl，电压为 80kV，离靶 1m 处空气中的空气比释动能取值为 0.06mGy/mAs，则透视模式距靶点 1m 处的最大剂量率为 4.32×10^{6}μGy/h。

表 9-2　本项目 DSA 减影、透视模式下的相关参数

操作模式	正常运行时最大工况	距靶点 1m 处的最大剂量率
减影模式	电压为 90kV，电流为 500mA	1.35×10^{8}μGy/h
透视模式	电压为 80kV，电流为 20mA	4.32×10^{6}μGy/h

②泄漏辐射

由靶向外从各个方向穿过辐射头泄漏出来的射线称为泄漏射线，泄漏射线遍布机架各处。根据《医用电气设备第 1 部分：安全通用要求三.并列标准诊断 X 射线设备辐射防护通用要求》（GB9706.12-1997），取本项目 DSA 距靶 1m 处的泄漏辐射在空气中的比释动能率为 1.0mGy/h。

③散射辐射

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

（2）非放射性污染因子

①废气

DSA 工作时，空气在 X 射线的作用下分解产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体。

②固体废物

本项目介入手术会产生药棉、纱布、手套和器具等医疗废物，医疗废物采用专用容器分类收集，待手术结束，从杂交手术室运至同楼层的污物暂存间内暂存，作为医疗废物委托有资质单位进行处置。本项目一台介入手术约产生医疗废物药棉 0.1kg，纱布 0.1kg，手套 0.2kg，器具 0.2kg，一年 DSA 最多开展 200 台手术，则本项目一年约产生医疗废物药棉 20kg，纱布 20kg，手套 40kg，器具 40kg，合计每年产生约 120kg 医疗废物。

辐射工作人员会产生生活垃圾。辐射工作人员共 6 人，生活垃圾产生量按 0.1kg/人计，则生活垃圾产生量为 0.6kg/d，0.15t/a。

③废水

辐射工作人员会产生生活污水。辐射工作人员共 7 人，生活用水按每人每天 100L 计，排污系数取 0.85，则生活污水产生量为 0.595m^3/d，148.75m^3/a。

综上所述，本项目 DSA 在正常工作状况下，产生的放射性污染因子主要为 X 射线，非放射性污染因子主要为臭氧、氮氧化物、医疗废物、生活垃圾和生活污水。

9.3.2 事故工况

本评价项目使用 DSA 射线装置时，可能发生的辐射事故有以下几种：

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

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

（3）X 射线装置工作状态下，没有关闭防护门对人员造成的误照射。

事故工况产生的污染物与正常工况下相同。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 工作场所布局合理性分析

本项目杂交手术室位于国家创伤区域医疗中心四层。国家创伤区域医疗中心地上最高 12 层，地下 2 层。杂交手术室六面情况（东、南、西、北、上、下）如表 10-1 所示。

表 10-1　机房周边场所布局一览表

所在区域	辐射场所	方位	周边房间及场所
国家创伤区域医疗中心四层	杂交手术室	东	8 号手术室
		南	控制室和前室
		西	缓冲间和走廊
		北	设备间、污物走廊和医护廊
		楼上	EICU（包括病房和走廊）
		楼下	整形美容中心（包括候诊大厅、更衣室、卫生间、换鞋室、过道和资料室）

（1）本项目 DSA 机房位于国家创伤区域医疗中心四层杂交手术室，杂交手术室和控制室分开单独布置，区域划分明确。

（2）本项目 DSA 射线装置位于杂交手术室中央，主束方向主要为由下朝上，避免了有用线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位。

（3）本项目设置有独立的患者通道、医护通道和污物通道，DSA 射线装置经过机房实体屏蔽体屏蔽后，屏蔽体外剂量率符合标准要求，对周围辐射环境及人员影响是可以接受的。

综上所述，本项目杂交手术室布局是合理的。

10.1.2 辐射防护分区原则及区域划分

（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警告标志，并给出相应的辐射水平和污染水平指示。运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可证）和实体屏蔽（包括门锁和门-灯联锁装置）限制进出控制区，并定期审查控制区的实际状况，确认是否需要改变该区的防护

手段或安全措施，或是更改该区的边界。

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，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域。在监督区入口处的合适位置设立表明监督区的标牌；并定期审查该区的条件，确认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。

（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，本项目辐射工作场所分区情况表见 10-2，分区详见附图 4。

表 10-2　项目“两区”划分表

场所名称	控制区	监督区
杂交手术室	机房内部	控制室

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

10.1.3 辐射安全及防护措施

本项目DSA射线装置的主要辐射为X射线，对X射线的基本防护原则是减少照射时间、远离射线源及加以必要的屏蔽。本项目对X射线外照射的防护措施主要有以下几方面。

（1）设备固有安全性

本项目使用 1 台 DSA，型号待定，拟购买于正规厂家，根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020），设备具备以下安全防护措施：

①采用栅控技术：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与余辉，起到消除软 X 射线、提高有用射线品质并减小脉冲宽度作用。

②采用光谱过滤技术：在 X 射线管头或影像增强器的窗口处放置合适的过滤板，以多消除软 X 射线以及减少二次散射，优化有用 X 射线谱。设备提供适应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。

③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；并能明显地减少透视剂量。

④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于监视器上显示，即称之为图像冻结（last image hold，LIH）。充分利用此方法可以明显缩短总透视时间，达到减少不必要的照射。

⑤配备相应的表征剂量的指示装置：配备有相应的表征剂量的指示装置，当机房内出现超剂量照射时会出现报警提醒。

⑥急停开关装置：介入手术床旁设置急停开关（各开关串联并与 X 射线系统连接）。X 射线系统出束过程中，一旦出现异常，按动急停开关，可停止 X 射线系统出束，并在急停开关旁设置醒目的中文提示。

（2）本项目机房辐射屏蔽设计

依据医院提供的资料，杂交手术室防护设计方案见表 10-3，最小有效使用面积及最小单边长度见表 10-4。

表 10-3　本项目辐射工作场所拟采取屏蔽防护措施分析

机房类型（数量）	防护设施	屏蔽材料及厚度（铅当量：mmPb）
杂交手术室（1 间）	四侧墙体	轻钢龙骨架+4mm 铅板（4.0mmPb）
	顶棚	12cm 混凝土+40mm 硫酸钡水泥（5.44mmPb）
	地坪	12cm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥（4.59mmPb）
	患者防护门（南侧，1 樘）	内衬 4mm 铅板（4.0mmPb）
	辐射工作人员防护门（南侧，1 樘）	
	污物防护门（北侧，1 樘）	
	连通 8 号手术室的防护门（东侧，1 樘）	
	观察窗（南侧，1 扇）	4mmPb 铅玻璃（4.0mmPb）
注：硫酸钡涂料密度不低于 2.79g/cm^3，10mm 硫酸钡防护涂料折算为 1mmPb。混凝土密度取 2.35g/cm^3 核算等效屏蔽厚度，折算铅当量参考《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中附录 C 中式（C.1）、式（C.2）及表 C.2，得顶棚 120mm 混凝土（主束方向）折算为 1.44mmPb，地坪 120mm 混凝土（散射方向）折算为 1.59mmPb。		

表 10-4　本项目机房规格与标准对照表

机房名称	拟设置情况	
	最小单边长度（m）	有效使用面积（m^2）
杂交手术室	8.3	92.13

（3）距离防护

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

（4）时间防护

在满足诊断要求的前提下，在每次使用射线装置进行诊断之前，根据诊断要求和病人实际情况制定最优化的诊断方案，选择合理可行尽量低的射线照射参数，以及尽量短的曝光时间，减少工作人员和相关公众的受照时间，也避免病人受到额外剂量的照射。

（5）其他辐射安全防护措施

①机房门外设电离辐射警告标志，机房门上方设有醒目的工作状态指示灯，灯箱上应设“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句；在监督区、控制区墙体合适位置张贴监督区、控制区警示标识。

②患者防护门和连通 8 号手术室的防护门均为推拉门，设置防夹装置和门机连锁，且防护门上方的工作状态指示灯能与机房门有效关联；工作人员防护门和污物防护门均为平开门，设有自动闭门装置，且防护门上方的工作状态指示灯能与机房门有效关联。

③控制室墙上张贴相应的辐射工作制度、操作规程、岗位职责等。

④机房受检者出入口门外应设置黄色警戒线，警告无关人员请勿靠近。手术期间，陪护人员禁止进入监督区域和控制区域。

⑤本项目所有辐射工作人员必须配备个人剂量计：在机房内的辐射工作人员应采用双剂量计检测方法（分别佩戴于铅橡胶围裙外锁骨对应的领口位置、铅橡胶围裙内躯干上），定期送检且需做好个人剂量档案管理工作。该医院已开展辐射工作人员的职业健康监护，定期安排其在有相应资质医院体检，建立个人剂量档案。

⑥杂交手术室与控制室之间设置有观察窗，可有效观察到患者和受检者状态及防护门开闭情况。控制室设置视频监控及双向对讲装置。

⑦在控制台上、介入手术床旁设置急停开关（各按钮串联并与 X 射线系统连接），一旦出现异常，按动任一个急停开关，均可停止 X 射线系统出束，并在急停开关旁设置醒目的中文提示。

⑧机房设置独立的通排风系统，能保持机房内良好的通风。

⑨电缆线通过电缆沟穿出机房，电缆线拟通过低于地坪的 U 形电缆沟穿墙至控制室，电缆沟穿墙洞口采用铅板进行覆盖，从而不减弱屏蔽墙体的屏蔽效果。

⑩机房内不堆放与本项目诊断无关的杂物，机房候诊区设置辐射防护注意事项告知栏。

⑪完善并落实射线装置相关的安全使用制度、管理制度，从事辐射工作的医务人员均须参加放射工作的培训与辐射安全培训考核。医务人员在操作过程中遵守以上制度，严格按操作程序，避免发生事故。

（6）监测仪器和防护用品

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，开展放射诊疗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。

医院拟配置 2 台个人剂量报警仪和 1 台辐射剂量率巡检仪。杂交手术室应配备相应的防护用品与辅助防护设施，其配置要求需求按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的要求进行配制。

表 10-5　本项目拟配备个人防护用品与标准对照表

机房名称	人员类型	《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求		本项目拟配置情况		是否符合要求
		个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施	
杂交手术室	工作人员	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套选配：铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏/铅防护吊帘、床侧防护帘/床侧防护屏选配：移动铅防护屏风	防护铅当量为 0.5mmPb 的铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜各 3 套，防护铅当量不低于 0.025mmPb 的介入防护手套 2 套	防护铅当量为 0.5mmPb 的铅悬挂防护屏、铅防护吊帘、床侧防护帘各 1 件	符合

	患者和受检者	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套 选配：铅橡胶帽子	——	防护铅当量为0.5mmPb的方巾1套，防护铅当量为0.5mmPb的铅橡胶颈套、铅橡胶帽子各1套	——	符合

10.2 “三废”治理措施

根据工艺分析，本项目运行期间无放射性废水、放射性废气及放射性固体废物产生，产生的非放射性污染主要为臭氧、氮氧化物、医疗废物、生活垃圾和生活污水。

①废气

本项目杂交手术室设置独立的通排风系统，能保持机房内良好的通风。杂交手术室产生的臭氧和氮氧化物经通排风系统排入到大气环境后，臭氧可在50分钟后自然分解，氮氧化物只有臭氧产生量的1/3，因此本项目DSA射线装置产生的废气排出机房后对周围环境影响很小。

②固体废物

本项目介入手术会产生药棉、纱布、手套和器具等医疗废物，医疗废物采用专用容器分类收集，待手术结束，从杂交手术室运至同楼层的污物暂存间内暂存，作为医疗废物委托有资质单位进行处置。

辐射工作人员产生的生活垃圾不属于医疗废物，医院进行统一集中收集并交由环卫部门统一清运。

③废水

辐射工作人员产生的生活污水排入医院内污水处理站，经进一步处理后纳入市政污水管网。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

11.1.1 施工期环境影响分析

本项目杂交手术室建设属于国家创伤区域医疗中心的部分工程，土建部分已纳入主体项目同时建设。杂交手术室建设时，施工内容主要为墙体隔断和内饰装修。

（1）水环境影响分析

本项目在施工期会产生施工废水，仅为建筑物料拌合过程可能产生的废水，通过进入物料而自然蒸发耗散，不会对周围水环境产生影响。

施工人员产生的生活污水排入医院内污水处理站，经进一步处理后纳入市政污水管网经，不会对周围水环境产生影响。

（2）大气环境影响分析

本项目在施工期会产生扬尘、装修废气。本项目施工内容主要为墙体隔断和内饰装修，施工期产生的扬尘量较小，通过及时清扫施工场地以及保持施工场地一定的湿度，对项目周围大气环境影响较小；装修废气通过加强通风或室内净化措施，可将装修废气的影响降至最低，装修废气对项目周围大气环境影响较小。

（3）声环境影响分析

本项目施工期噪声源主要是施工设备，由于本项目工程量小，施工作业较少，施工方式主要为人工施工，施工设备的使用较少，同时项目施工噪声影响是暂时的，将随着施工期的结束而消失。因此，本项目施工对周围声环境影响时间和强度均较小，但必须重视对施工期噪声的控制，特别是应减小噪声对周边建筑物（主要是核医学中心楼）的不利影响。

施工期间，施工设备的噪声时起时停，针对施工期声环境影响，施工期噪声污染防治措施具体有：

a 合理安排施工进度和作业时间，对主要噪声设备应采取相应的限时作业，避开午休时间，禁止在夜间施工。

b 优先选择低噪音设备，日常应注意对施工机械的维修、保养，使其保持良好的运行状态。

c 对施工人员进场进行文明施工教育，施工中不准大声喧哗。

d 适当设置临时声障。

经采取上述有效措施后，可大大降低本项目施工过程中噪声对周围的影响。

（4）固体废物影响分析

本项目在施工期会产生建筑垃圾、装修垃圾和生活垃圾。建筑垃圾、装修垃圾应定点堆放，将可回收利用部分进行回收后，由施工单位外运至建筑垃圾堆放场。生活垃圾产生量不大，由医院进行统一集中收集，并交由当地环卫部门清运。

综上所述，本项目施工范围较小，在医院的严格监督下，施工方遵守文明施工、合理施工的原则，做到各项环保措施，对环境影响较小，施工结束后，项目施工期环境影响将随之消除。

（5）设备的安装、调试期间的环境影响分析

本环评要求设备的安装、调试应请设备厂家专业人员进行，医院方不得自行安装及调试设备。在设备安装调试阶段，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在机房门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。设备安装调试阶段，不允许其他无关人员进入机房所在区域，防止辐射事故发生。由于各设备的安装和调试均在机房内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可接受的。设备安装完成后，医院方需及时回收包装材料及其它固体废物并作为一般固体废物进行处置，不得随意丢弃。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 辐射环境影响分析

（1）杂交手术室屏蔽设计与《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）要求的相符性

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中对 X 射线机房防护设计的技术要求、最小有效使用面积及最小单边长度的要求，对本项目杂交手术室屏蔽设计进行对照分析，结果见表 11-1、表 11-2。

表 11-1　本项目杂交手术室屏蔽设计评价结果表

机房类型（数量）	防护设施	屏蔽材料及厚度（铅当量：mmPb）	标准要求	符合性评价
杂交手术室（1 间）	四侧墙体	轻钢龙骨架+4mm 铅板（4.0mmPb）	有用线束方向铅当量为 2.5mmPb，非有用线束方向铅当量为 2.5mmPb	符合
	顶棚	12cm 混凝土+40mm 硫酸钡水泥（5.44mmPb）		符合
	地坪	12cm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥（4.59mmPb）		符合

	患者防护门（南侧，1 樘）	内衬 4mm 铅板（4.0mmPb）		
	辐射工作人员防护门（南侧，1 樘）			
	污物防护门（北侧，1 樘）			
	连通 8 号手术室的防护门（东侧，1 樘）			符合
	观察窗	4mmPb 铅玻璃（4.0mmPb）		符合
注：①本项目 DSA 机房为杂交手术室，移动 CT 也会在杂交手术室中使用，由于 CT 机房屏蔽防护要求严于 DSA 机房，因此机房防护要求对标 CT 机房的要求。 ②硫酸钡涂料密度不低于 2.79g/cm^3，10mm 硫酸钡防护涂料折算为 1mmPb。混凝土密度取 2.35g/cm^3 核算等效屏蔽厚度，折算铅当量参考《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中附录 C 中式（C.1）、式（C.2）及表 C.2，得顶棚 120mm 混凝土（主束方向）折算为 1.44mmPb，地坪 120mm 混凝土（散射方向）折算为 1.59mmPb。				

表 11-2　本项目机房规格与评价结果表

机房名称	拟设置情况		标准要求		符合性评价
	最小单边长度（m）	有效使用面积（m^2）	最小单边长度（m）	有效使用面积（m^2）	
杂交手术室	8.3	92.13	4.5	30	符合
注：本项目 DSA 机房为杂交手术室，移动 CT 也会在杂交手术室中使用，因此机房规格要求对标 CT 机房的标准要求。					

通过表 11-1、表 11-2 可知，本项目的杂交手术室面积、最小单边长度均大于标准要求，其四面墙体、地坪、顶棚、防护门以及观察窗均采取了辐射屏蔽措施，充分考虑了邻室（含楼上及楼下）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，本项目杂交手术室的防护设施的技术要求满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中的相关防护设施的技术要求。

（2）杂交手术室辐射影响预测

本项目新购DSA型号待定，主束方向主要为由下朝上，最大管电压125kV，最大管电流1250mA，属于Ⅱ类射线装置。本项目新购DSA置于国家创伤区域医疗中心四层的杂交手术室，对杂交手术室周围辐射环境影响采用模式预测的方法进行影响分析。杂交手术室内部辐射场所分布图及预测关注点位见图11-1。

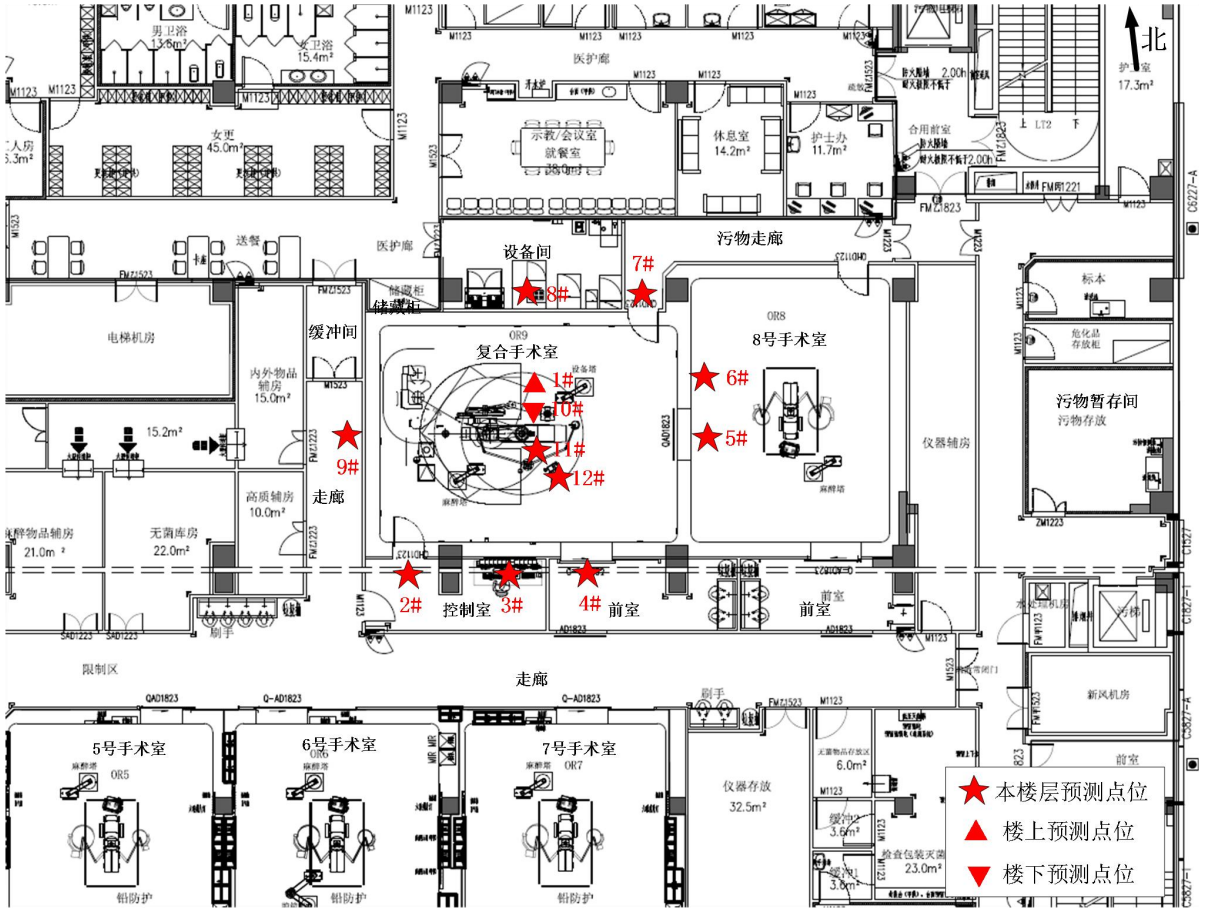


图 11-1　杂交手术室预测关注点位示意图

本项目 DSA 设备主束方向向上，DSA 设备运行时，机房顶棚会受到主束照射，医生手术位、机房的四侧墙体、地坪、防护门及铅玻璃窗，会受到病人体表散射辐射和泄漏辐射影响。

手术医生和护士在杂交手术室内进行介入手术时，会配铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套等个人防护物品，另外配备铅悬挂防护屏、铅防护吊帘、床侧防护帘等辅助防护设施，其中铅橡胶围裙、铅防护眼镜、铅悬挂防护屏、铅防护吊帘和床侧防护帘的防护铅当量按 0.5mmPb 计算，介入防护手套按 0.025mmPb 计算。

根据前文 9.2 污染源项描述，本项目 DSA 的减影模式距靶点 1m 处的最大剂量率为 1.35×10^{8}μGy/h，透视模式距靶点 1m 处的最大剂量率为 4.32×10^{6}μGy/h。

表 11-3　本项目 DSA 减影、透视模式下的相关参数

操作模式	正常运行时最大工况	距靶点 1m 处的最大剂量率
减影模式	电压为 90kV，电流为 500mA	1.35×10^{8}μGy/h
透视模式	电压为 80kV，电流为 20mA	4.32×10^{6}μGy/h

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主射方向屏蔽估算

$$H = \frac{H_0 \cdot B}{d^2} \cdot K \quad （式 11-1）$$

式中：

H---预测点处的主射辐射剂量率，μSv/h；

H_0----距靶 1m 处初级 X 射线束造成的空气比释动能率，μGy/h；

d—靶点距关注点的距离，m；

K—有效剂量与空气比释动能转换系数，Sv/Gy，查《用于光子外照射防护的剂量转换系数》（GBZ/T 144-2002）表 B2，本项目 DSA 透视模式下管电压为 80kV，K 值取 1.67，DSA 减影模式下管电压为 90kV，K 值采用内插法计算得 1.69；

B---减弱因子，参考《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）附录 C 的 C.1.2 中式（C.1）及表 C.2 的相关参数进行计算。

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

式中：

B——给定铅厚度的屏蔽透视因子；

β——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

α——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

γ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

X——铅厚度。

表 11-4　铅对 90kV、80kV 的 X 射线衰减的有关的拟合参数

管电压 kV	铅		
	α	β	γ
90（减影模式）	3.067	18.83	0.7726
80（透视模式）	/	/	/
注：考虑到《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）附录 C 中表 C.2 未提供铅对 80kV 管电压下（透视模式）X 射线辐射衰减的有关的三个拟合参数，故其减弱因子选取 90kV 对应的计算参数进行计算。			

根据式 11-1 和式 11-2 进行计算，预测点的主射辐射剂量率计算参数及结果见下表。

表 11-5　主射辐射各预测点辐射剂量率计算参数及结果

工作模式	关注点位置描述	靶点距关注点的距离（m）	屏蔽材料及厚度	B	辐射剂量率（μSv/h）
减影	1#：杂交手术室顶棚上方距地面 100cm（EICU）	4.2	12cm 混凝土+40mm 硫酸钡水泥（5.44mmPb）	4.46E-09	5.77E-02
透视	1#：杂交手术室顶棚上方距地面 100cm（EICU）	4.2	12cm 混凝土+40mm 硫酸钡水泥（5.44mmPb）	4.46E-09	1.82E-03

②病人体表散射屏蔽估算

$$H_S = \frac{H_0 \cdot a \cdot B \cdot (s/400)}{(d_0 \cdot d_s)^2} \cdot K \qquad （式 11-3）$$

式中：

H_S ——预测点处的散射剂量率，μSv/h；

H_0——距靶 1m 处的剂量率，μGy/h；

a ——患者对 X 射线的散射比；根据《辐射防护手册》（第一分册）表 10.1 查表，取 0.0013；

S ——散射面积，cm^2，取 $100cm^2$；

d_0——源与病人的距离，m，取 0.45m；

d_s——病人与预测点的距离，m；

K—有效剂量与空气比释动能转换系数，Sv/Gy，查《用于光子外照射防护的剂量转换系数》（GBZ/T 144-2002）表 B2，本项目 DSA 透视模式下管电压为 80kV，K 值取 1.67，DSA 减影模式下管电压为 90kV，K 值采用内插法计算得 1.69；

B ——减弱因子，参考式 11-2 和表 11-4 进行计算。

经计算，各预测点位的散射辐射剂量率计算参数及结果见下表。

表 11-6　散射辐射各预测点散射辐射剂量率计算参数及结果

工作模式	关注点位置描述	源点到散射点距离+散射点到关注点距离（m）	屏蔽材料及厚度	散射面积（cm^2）	B	辐射剂量率（μSv/h）
减影	2#：杂交手术室南侧防护门外 30cm 处（控制室）	0.45+4.72	内衬 4mm 铅板（4.0mmPb）	100	3.69E-07	6.07E-03
	3#：杂交手术室南侧观察窗外 30cm 处（控制室）	0.45+4.72	4mmPb 铅玻璃（4.0mmPb）	100	3.69E-07	6.07E-03
	4#：杂交手术室南侧防护门外 30cm 处（前室）	0.45+4.72	内衬 4mm 铅板（4.0mmPb）	100	3.69E-07	6.07E-03
	5#：杂交手术室东侧防护门外 30cm 处（8 号手术室）	0.45+5.85	内衬 4mm 铅板（4.0mmPb）	100	3.69E-07	3.95E-03
	6#：杂交手术室东侧防护墙外 30cm 处（8 号手术室）	0.45+5.85	轻钢龙骨架+4mm 铅板（4.0mmPb）	100	3.69E-07	3.95E-03
	7#：杂交手术室北侧防护门外 30cm 处（污物走廊）	0.45+4.72	内衬 4mm 铅板（4.0mmPb）	100	3.69E-07	6.07E-03
	8#：杂交手术室北侧防护墙外 30cm 处（设备间）	0.45+4.72	轻钢龙骨架+4mm 铅板（4.0mmPb）	100	3.69E-07	6.07E-03
	9#：杂交手术室西侧防护墙外 30cm 处（走廊）	0.45+5.85	轻钢龙骨架+4mm 铅板（4.0mmPb）	100	3.69E-07	3.95E-03
	10#：杂交手术室楼下离地 170cm 处（整形美容中心）	0.45+3.2	12cm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥（4.59mmPb）	100	6.04E-08	2.16E-03
透视	11#：医生手术位（铅衣内）	0.45+0.5	0.5mmPb 辅助防护设施（铅悬挂防护屏、铅防护吊帘、床侧防护帘）+0.5mmPb 铅橡胶围裙	100	4.08E-03	188.8
	11#：医生手术位（铅衣外）	0.45+0.5	0.5mmPb 辅助防护设施（铅悬挂防护屏、铅防护吊帘、床侧防护帘）	100	2.52E-02	697.6
	11#：医生手术位（腕部）	0.45+0.3	0.5mmPb 辅助防护设施（铅悬挂防护屏、铅防护吊帘、床侧防护帘）+0.025mmPb 介入防护手套	100	2.27E-02	1748.2

	12#：护士手术位（铅衣内）	0.45+1.0	0.5mmPb 辅助防护设施（铅悬挂防护屏、铅防护吊帘、床侧防护帘）+0.5mmPb 铅橡胶围裙	100	4.08E-03	28.3
	12#：护士手术位（铅衣外）	0.45+1.0	0.5mmPb 辅助防护设施（铅悬挂防护屏、铅防护吊帘、床侧防护帘）	100	2.52E-02	174.4
	2#：杂交手术室南侧防护门外 30cm 处（控制室）	0.45+4.72	内衬 4mm 铅板（4.0mmPb）	100	3.69E-07	1.92E-04
	3#：杂交手术室南侧观察窗外 30cm 处（控制室）	0.45+4.72	4mmPb 铅玻璃（4.0mmPb）	100	3.69E-07	1.92E-04
	4#：杂交手术室南侧防护门外 30cm 处（前室）	0.45+4.72	内衬 4mm 铅板（4.0mmPb）	100	3.69E-07	1.92E-04
	5#：杂交手术室东侧防护门外 30cm 处（8 号手术室）	0.45+5.85	内衬 4mm 铅板（4.0mmPb）	100	3.69E-07	1.25E-04
	6#：杂交手术室东侧防护墙外 30cm 处（8 号手术室）	0.45+5.85	轻钢龙骨架+4mm 铅板（4.0mmPb）	100	3.69E-07	1.25E-04
	7#：杂交手术室北侧防护门外 30cm 处（污物走廊）	0.45+4.72	内衬 4mm 铅板（4.0mmPb）	100	3.69E-07	1.92E-04
	8#：杂交手术室北侧防护墙外 30cm 处（设备间）	0.45+4.72	轻钢龙骨架+4mm 铅板（4.0mmPb）	100	3.69E-07	1.92E-04
	9#：杂交手术室西侧防护墙外 30cm 处（走廊）	0.45+5.85	轻钢龙骨架+4mm 铅板（4.0mmPb）	100	3.69E-07	1.25E-04
	10#：杂交手术室楼下离地 170cm 处（整形美容中心）	0.45+3.2	12cm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥（4.59mmPb）	100	6.04E-08	6.83E-05

③泄漏辐射剂量估算

$$H = \frac{H_0 \cdot B}{R^2} \cdot K \quad （式 11-4）$$

式中：

H—预测点处的泄漏辐射剂量率，μSv/h；

H_0—距靶 1m 处的泄漏辐射在空气中的比释动能率，μGy/h，根据《医用电气设备第 1 部分：安全通用要求三.并列标准诊断 X 射线设备辐射防护通用要求》（GB9706.12-1997），本项目取 1mGy/h；

R—靶点距关注点的距离，m；

K—有效剂量与空气比释动能转换系数，Sv/Gy，查《用于光子外照射防护的剂量转换系数》（GBZ/T 144-2002）表 B2，本项目 DSA 透视模式下管电压为 80kV，K 值取 1.67，DSA 减影模式下管电压为 90kV，K 值采用内插法计算得 1.69；

B ——减弱因子，参考式 11-2 和表 11-4 进行计算。

经计算，各预测点位的泄漏辐射剂量率计算参数及结果见下表。

表 11-7　各预测点位的泄漏辐射剂量率计算参数及结果

工作模式	关注点位置描述	与源距离（m）	屏蔽材料及厚度	B	辐射剂量率（μSv/h）
减影	2#：杂交手术室南侧防护门外 30cm 处（控制室）	4.72	内衬 4mm 铅板（4.0mmPb）	3.69E-07	2.80E-05
	3#：杂交手术室南侧观察窗外 30cm 处（控制室）	4.72	4mmPb 铅玻璃（4.0mmPb）	3.69E-07	2.80E-05
	4#：杂交手术室南侧防护门外 30cm 处（前室）	4.72	内衬 4mm 铅板（4.0mmPb）	3.69E-07	2.80E-05
	5#：杂交手术室东侧防护门外 30cm 处（8 号手术室）	5.85	内衬 4mm 铅板（4.0mmPb）	3.69E-07	1.82E-05
	6#：杂交手术室东侧防护墙外 30cm 处（8 号手术室）	5.85	轻钢龙骨架+4mm 铅板（4.0mmPb）	3.69E-07	1.82E-05
	7#：杂交手术室北侧防护门外 30cm 处（污物走廊）	4.72	内衬 4mm 铅板（4.0mmPb）	3.69E-07	2.80E-05
	8#：杂交手术室北侧防护墙外 30cm 处（设备间）	4.72	轻钢龙骨架+4mm 铅板（4.0mmPb）	3.69E-07	2.80E-05
	9#：杂交手术室西侧防护墙外 30cm 处（走廊）	5.85	轻钢龙骨架+4mm 铅板（4.0mmPb）	3.69E-07	1.82E-05
	10#：杂交手术室楼下离地 170cm 处（整形美容中心）	3.2	12cm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥（4.59mmPb）	6.04E-08	9.97E-06
透视	11#：医生手术位（铅衣内）	0.5	0.5mmPb 辅助防护设施（铅悬挂防护屏、铅防护吊帘、床侧防护帘）+0.5mmPb 铅橡胶围裙	4.08E-03	27.2
	11#：医生手术位（铅衣外）	0.5	0.5mmPb 辅助防护设施（铅悬挂防护屏、铅防护吊帘、床侧防护帘）	2.52E-02	168.0
	11#：医生手术位（腕部）	0.3	0.5mmPb 辅助防护设施（铅悬挂防护屏、铅防护吊帘、床侧防护帘）+0.025mmPb 介入防护手套	2.27E-02	421.1

	12#：护士手术位（铅衣内）	1.0	0.5mmPb 辅助防护设施（铅悬挂防护屏、铅防护吊帘、床侧防护帘）+0.5mmPb 铅橡胶围裙	4.08E-03	6.8
	12#：护士手术位（铅衣外）	1.0	0.5mmPb 辅助防护设施（铅悬挂防护屏、铅防护吊帘、床侧防护帘）	2.52E-02	42.0
	2#：杂交手术室南侧防护门外 30cm 处（控制室）	4.72	内衬 4mm 铅板（4.0mmPb）	3.69E-07	2.77E-05
	3#：杂交手术室南侧观察窗外 30cm 处（控制室）	4.72	4mmPb 铅玻璃（4.0mmPb）	3.69E-07	2.77E-05
	4#：杂交手术室南侧防护门外 30cm 处（前室）	4.72	内衬 4mm 铅板（4.0mmPb）	3.69E-07	2.77E-05
	5#：杂交手术室东侧防护门外 30cm 处（8 号手术室）	5.85	内衬 4mm 铅板（4.0mmPb）	3.69E-07	1.80E-05
	6#：杂交手术室东侧防护墙外 30cm 处（8 号手术室）	5.85	轻钢龙骨架+4mm 铅板（4.0mmPb）	3.69E-07	1.80E-05
	7#：杂交手术室北侧防护门外 30cm 处（污物走廊）	4.72	内衬 4mm 铅板（4.0mmPb）	3.69E-07	2.77E-05
	8#：杂交手术室北侧防护墙外 30cm 处（设备间）	4.72	轻钢龙骨架+4mm 铅板（4.0mmPb）	3.69E-07	2.77E-05
	9#：杂交手术室西侧防护墙外 30cm 处（走廊）	5.85	轻钢龙骨架+4mm 铅板（4.0mmPb）	3.69E-07	1.80E-05
	10#：杂交手术室楼下离地 170cm 处（整形美容中心）	3.2	12cm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥（4.59mmPb）	6.04E-08	9.86E-06

根据表 11-5、表 11-6 和表 11-7 的计算结果，将各个预测点的总的辐射剂量率统计于下表。

表 11-8　各个预测点的总辐射剂量率

工作模式	关注点位置描述	主射辐射剂量率（μSv/h）	散射辐射剂量率（μSv/h）	泄漏辐射剂量率（μSv/h）	总辐射剂量率（μSv/h）
减影	1#：杂交手术室顶棚上方距地面 100cm（EICU）	5.77E-02	/	/	5.77E-02
	2#：杂交手术室南侧防护门外 30cm 处（控制室）	/	6.07E-03	2.80E-05	6.10E-03
	3#：杂交手术室南侧观察窗外 30cm 处（控制室）	/	6.07E-03	2.80E-05	6.10E-03
	4#：杂交手术室南侧防护门外 30cm 处（前室）	/	6.07E-03	2.80E-05	6.10E-03
	5#：杂交手术室东侧防护门外 30cm 处（8 号手术室）	/	3.95E-03	1.82E-05	3.97E-03
	6#：杂交手术室东侧防护墙外 30cm 处（8 号手术室）	/	3.95E-03	1.82E-05	3.97E-03
	7#：杂交手术室北侧防护门外 30cm 处（污物走廊）	/	6.07E-03	2.80E-05	6.10E-03

	8#：杂交手术室北侧防护墙外30cm处（设备间）	/	6.07E-03	2.80E-05	6.10E-03
	9#：杂交手术室西侧防护墙外30cm处（走廊）	/	3.95E-03	1.82E-05	3.97E-03
	10#：杂交手术室楼下离地170cm处（整形美容中心）	/	2.16E-03	9.97E-06	2.17E-03
透视	11#：医生手术位（铅衣内）	/	188.8	27.2	216.0
	11#：医生手术位（铅衣外）	/	697.6	168.0	865.6
	11#：医生手术位（腕部）	/	1748.2	421.1	2169.3
	12#：护士手术位（铅衣内）	/	28.3	6.8	35.1
	12#：护士手术位（铅衣外）	/	174.4	42.0	216.4
	1#：杂交手术室顶棚上方距地面100cm（EICU）	1.82E-03	/	/	1.82E-03
	2#：杂交手术室南侧防护门外30cm处（控制室）	/	1.92E-04	2.77E-05	2.20E-04
	3#：杂交手术室南侧观察窗外30cm处（控制室）	/	1.92E-04	2.77E-05	2.20E-04
	4#：杂交手术室南侧防护门外30cm处（前室）	/	1.92E-04	2.77E-05	2.20E-04
	5#：杂交手术室东侧防护门外30cm处（8号手术室）	/	1.25E-04	1.80E-05	1.43E-04
	6#：杂交手术室东侧防护墙外30cm处（8号手术室）	/	1.25E-04	1.80E-05	1.43E-04
	7#：杂交手术室北侧防护门外30cm处（污物走廊）	/	1.92E-04	2.77E-05	2.20E-04
	8#：杂交手术室北侧防护墙外30cm处（设备间）	/	1.92E-04	2.77E-05	2.20E-04
	9#：杂交手术室西侧防护墙外30cm处（走廊）	/	1.25E-04	1.80E-05	1.43E-04
	10#：杂交手术室楼下离地170cm处（整形美容中心）	/	6.83E-05	9.86E-06	7.82E-05

由上表计算结果可知：本项目DSA射线装置在减影时机房周围各关注点处的辐射剂量率在2.17E-03μSv/h～5.77E-02μSv/h之间，在透视时机房周围各关注点处的辐射剂量率在7.82E-05μSv/h～1.82E-03μSv/h之间；结合区域辐射环境背景水平，不难得出DSA射线装置在正常运行情况下，机房周围各关注点处的辐射剂量率能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中规定的屏蔽体外表面30cm处剂量率不大于2.5μSv/h的标准限值。

11.2.2 人员年有效剂量估算

①年有效剂量估算

关注点人员的有效剂量由方杰主编的《辐射防护导论》中的公式计算，计算公式如下：

$$D_{Eff} = Dr \times t \times T \times U \quad (式\ 11\text{-}5)$$

式中：

D_{Eff}——辐射外照射人均年有效剂量，Sv；

Dr——辐射剂量率，Sv/h；

t——年工作时间，h；

T——居留因子；

U——使用因子，U取1。

本项目理论预测环境影响分析下各个点位的居留因子详见下表。

表 11-9　各个点位居留因子选值详情表

预测点位	居留因子
1#：杂交手术室顶棚上方距地面 100cm（EICU）	1
2#：杂交手术室南侧防护门外 30cm 处（控制室）	1
3#：杂交手术室南侧观察窗外 30cm 处（控制室）	1
4#：杂交手术室南侧防护门外 30cm 处（前室）	1/4
5#：杂交手术室东侧防护门外 30cm 处（8 号手术室）	1/2
6#：杂交手术室东侧防护墙外 30cm 处（8 号手术室）	1/2
7#：杂交手术室北侧防护门外 30cm 处（污物走廊）	1/16
8#：杂交手术室北侧防护墙外 30cm 处（设备间）	1/16
9#：杂交手术室西侧防护墙外 30cm 处（走廊）	1/4
10#：杂交手术室楼下离地 170cm 处（整形美容中心）	1
11#：医生手术位（铅衣内）	1
11#：医生手术位（铅衣外）	1
12#：护士手术位（铅衣内）	1
12#：护士手术位（铅衣外）	1

根据前文9.1.4工作负荷和人员配置，DSA减影过程年总曝光时间为6.7h，透视过程年总曝光时间为66.7h。在DSA透视过程中，每个手术医生身体年受照的总时间不大于16.7h，每个护士身体年受照的总时间不大于33.4h。根据式11-5、表11-8和表11-9，本项目理论预测环境影响分析下保护目标的年有效剂量估算结果详见下表。

另外，经计算得到的医生/护士的铅衣内、外两个剂量率，需根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）6.2.4中式（4），计算得出其有效剂量。计算公式如下：

$$E=\alpha H_U+\beta H_O \quad (式\ 11\text{-}6)$$

式中：

E——有效剂量中的外照射分量，单位为毫希沃特（mSv）；

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

H_U——铅围裙内佩戴的个人剂量计测得的$H_p(10)$，单位为毫希沃特（mSv）；

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

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

表 11-10　年有效剂量估算结果

预测点位	工作模式	总剂量率（μSv/h）	年工作时间（h/a）	居留因子	年有效剂量（mSv）		涉及人员类型
1#：杂交手术室顶棚上方距地面 100cm（EICU）	减影	5.77E-02	6.7	1	3.86E-04		公众
2#：杂交手术室南侧防护门外 30cm 处（控制室）		6.10E-03		1	4.08E-05		职业
3#：杂交手术室南侧观察窗外 30cm 处（控制室）		6.10E-03		1	4.08E-05		职业
4#：杂交手术室南侧防护门外 30cm 处（前室）		6.10E-03		1/4	1.02E-05		公众
5#：杂交手术室东侧防护门外 30cm 处（8 号手术室）		3.97E-03		1/2	1.33E-05		公众
6#：杂交手术室东侧防护墙外 30cm 处（8 号手术室）		3.97E-03		1/2	1.33E-05		公众
7#：杂交手术室北侧防护门外 30cm 处（污物走廊）		6.10E-03		1/16	2.55E-06		公众
8#：杂交手术室北侧防护墙外 30cm 处（设备间）		6.10E-03		1/16	2.55E-06		公众
9#：杂交手术室西侧防护墙外 30cm 处（走廊）		3.97E-03		1/4	6.65E-06		公众
10#：杂交手术室楼下离地 170cm 处（整形美容中心）		2.17E-03		1	1.45E-05		公众
11#：医生手术位（铅衣内）	透视	216.0	16.7	1	3.61	3.59	职业
11#：医生手术位（铅衣外）		865.6			14.46		
12#：护士手术位（铅衣内）		35.1	33.4	1	1.17	1.29	职业
12#：护士手术位（铅衣外）		216.4			7.23		
1#：杂交手术室顶棚上方距地面 100cm（EICU）		1.82E-03	66.7	1	1.22E-04		公众
2#：杂交手术室南侧防护门外 30cm 处（控制室）		2.20E-04		1	1.46E-05		职业

3#：杂交手术室南侧观察窗外 30cm 处（控制室）		2.20E-04		1	1.46E-05	职业
4#：杂交手术室南侧防护门外 30cm 处（前室）		2.20E-04		1/4	3.66E-06	公众
5#：杂交手术室东侧防护门外 30cm 处（8 号手术室）		1.43E-04		1/2	4.77E-06	公众
6#：杂交手术室东侧防护墙外 30cm 处（8 号手术室）		1.43E-04		1/2	4.77E-06	公众
7#：杂交手术室北侧防护门外 30cm 处（污物走廊）		2.20E-04		1/16	9.15E-07	公众
8#：杂交手术室北侧防护墙外 30cm 处（设备间）		2.20E-04		1/16	9.15E-07	公众
9#：杂交手术室西侧防护墙外 30cm 处（走廊）		1.43E-04		1/4	2.38E-06	公众
10#：杂交手术室楼下离地 170cm 处（整形美容中心）		7.82E-05		1	5.22E-06	公众

对表 11-10 中保护目标在减影和透视模式的年有效剂量估算结果进行叠加计算，计算结果详见下表。

表 11-11　减影和透视模式下保护目标年有效剂量叠加估算结果

预测点位	工作模式	年有效剂量（mSv）	涉及人员类型
1#：杂交手术室顶棚上方距地面 100cm（EICU）	减影+透视	5.08E-04	公众
2#：杂交手术室南侧防护门外 30cm 处（控制室）		5.55E-05	职业
3#：杂交手术室南侧观察窗外 30cm 处（控制室）		5.55E-05	职业
4#：杂交手术室南侧防护门外 30cm 处（前室）		1.39E-05	公众
5#：杂交手术室东侧防护门外 30cm 处（8 号手术室）		1.81E-05	公众
6#：杂交手术室东侧防护墙外 30cm 处（8 号手术室）		1.81E-05	公众
7#：杂交手术室北侧防护门外 30cm 处（污物走廊）		3.47E-06	公众
8#：杂交手术室北侧防护墙外 30cm 处（设备间）		3.47E-06	公众
9#：杂交手术室西侧防护墙外 30cm 处（走廊）		9.03E-06	公众
10#：杂交手术室楼下离地 170cm 处（整形美容中心）		1.98E-05	公众
11#：医生手术位	透视	3.59	职业
12#：护士手术位		1.29	职业

叠加减影与透视过程所受到的辐射影响，本项目控制室工作人员最大年有效剂量为 5.55E-05mSv；在手术过程中，对手术室医生身体最大年有效剂量为 3.59mSv，对手术室护士身体最大年有效剂量为 1.29mSv；综上，本项目职业人员所受的年有效剂量符合

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于职业照射的“剂量限值”要求，同时满足本报告提出的剂量约束值：辐射工作人员有效剂量约束值不超过5mSv/a。

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，辐射工作人员需要按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）的要求，正确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。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。

公众身体受照的年有效剂量最大为 1.98E-05mSv，根据 X 射线衰减特性，X 射线剂量率与距离的平方成反比，因此随着距离的增加，剂量率水平会更低，周边 50m 范围内公众所受年有效剂量更小，公众所受的年有效剂量均能满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于公众受照的“剂量限值”要求，同时满足本报告提出的剂量约束值：公众有效剂量约束值不超过 0.1mSv/a。

②医护人员腕部皮肤年有效剂量估算

在手术过程中，手术医生腕部距离射线最近，因 X 射线随距离的增加呈现衰减趋势，故以手术医生腕部剂量估算结果进行核算医护人员皮肤照射年有效剂量的估算。根据《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ/T244-2017）中的公式估算 DSA 机房手术医生年皮肤当量剂量：

$$D_s = C_{ks} \times \dot{k} \times t \times 10^{-3} \quad （式 11-7）$$

$$H=D_S \cdot W_R \quad （式 11-8）$$

式中：

D_s—皮肤吸收剂量，mGy；

$\dot{k}$—空气比释动能率，μGy/h；

C_{ks}—空气比释动能到皮肤吸收剂量的转化系数（Gy/Gy）；

t—人员累积年受照时间，h；

H：关注点的当量剂量，mSv；

WR：辐射权重因数，X 射线取 1。

由表 11-8 可知，杂交手术室内手术医生在透视工况下手部所受的最大空气比释动能率为 2169.3μSv/h 即 1299.0μGy/h。本项目 DSA 可近似视为垂直入射，而且是 AP 入射方式，根据《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ/T244-2017）表 A.4 和表 A.5，查得在透视模式 80kV 电压下，空气比释动能到男性或女性皮肤吸收剂量的转化系数 C_{ks} 分别为 1.134mGy/mGy 和 1.156mGy/mGy，故保守取较大值即 C_{ks}=1.156mGy/mGy，单个手术医生累积年受照时间为 16.7h，根据式 11-7 和式 11-8 可以求得本项目手术医生腕部皮肤受到的年当量剂量最大为 25.1mSv，满足本次评价提出的不超过 125mSv 的手部剂量约束值。

综上所述，本项目职业人员与公众所受的年有效剂量均能满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于职业照射和公众受照的“剂量限值”要求，同时满足本报告提出的剂量约束值：辐射工作人员有效剂量约束值不超过 5mSv/a，公众有效剂量约束值不超过 0.1mSv/a。

11.2.3 杂交手术中 CT 辐射影响分析

通过表 11-1 和表 11-2 可知，本项目杂交手术室的面积、最小单边长度均大于标准要求，其四侧墙体、顶棚、地坪、防护门以及观察窗均采取了辐射屏蔽措施，充分考虑了邻室（含楼上下）及周围场所的人员防护与安全，且屏蔽厚度均高于有用线束和非有用线束铅当量防护厚度标准规定值。从 X 射线放射诊断场所的屏蔽方面考虑，本项目杂交手术室的防护设施的技术要求满足《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。

因此可推断杂交手术室周围环境辐射水平能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“CT 机机房外的周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h”的要求。

根据西门子厂家140kVp工况下CT周围的剂量率分布曲线，1m处的杂散辐射为0.052μGy/mAs（垂直）和0.051μGy/mAs（水平），CT扫描通常不超过300mA，故1m处的杂散辐射剂量率最高约56.16mGy/h。其他型号设备的CT散射辐射水平也在相同量级。

本项目杂交手术室的有效屏蔽厚度不低于 4mmPb，透射系数为 1.50×10^{-5}，按照关注点的最近距离 3.2m 估算，CT 运行所致的附加剂量率为 8.23×10^{-2}μGy/h。杂交手术室中 CT 使用时与 DSA 设备工作量相同，单台手术 CT 曝光时间为 2min，年出束时间约 6.67h，则对机房周围全居留人员的年附加剂量贡献仅为 5.49×10^{-4}mSv。因此 CT 运行产

生的 X 射线对控制室辐射工作人员和周围公众附加剂量贡献值可忽略不计。

11.2.4“三废”的治理评价

①废气

杂交手术室产生的臭氧和氮氧化物经通排风系统排入到大气环境后，臭氧可在 50 分钟后自然分解，氮氧化物只有臭氧产生量的 1/3，因此本项目 DSA 射线装置产生的废气排出机房后对周围环境影响很小。

②固体废物

本项目介入手术会产生药棉、纱布、手套和器具等医疗废物，医疗废物采用专用容器分类收集，待手术结束，从杂交手术室运至同楼层的污物暂存间内暂存，作为医疗废物委托有资质单位进行处置。

辐射工作人员产生的生活垃圾不属于医疗废物，医院进行统一集中收集并交由环卫部门统一清运，对周围环境影响很小。

③废水

辐射工作人员产生的生活污水排入医院内污水处理站，经进一步处理后纳入市政污水管网。

11.3 事故影响分析

11.3.1 辐射事故情况

本项目新购 DSA 属于 II 类射线装置，医院在放射诊断和介入治疗过程中，如果安全管理或防护不当，可能对人员产生误照射。本项目主要辐射事故情况如下：

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

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

（3）X 射线装置工作状态下，没有关闭防护门对人员造成的误照射；

（4）DSA 控制系统失灵持续拍片，而此时手术室内人员未穿戴铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套等个人防护用品，室内人员位于手术室床旁，导致发生误照射。

11.3.2 事故影响防范措施

（1）制定经常性自检制度，对门灯联锁、门机连锁、监视器、电离辐射警告标志

灯等防护设施进行经常性检查，如发现这些防护设施不够完善或失灵，立即维护、修复；当发生误照射时，应立即按下急停开关，确保 DSA 停止工作；

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

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

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

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

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

（7）制定辐射事故应急预案，并每年定期进行一次演练；发现问题，及时进行整改。

11.3.3 事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十条、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等有关规定，医院应制定辐射事故应急预案，医院应在以后辐射工作开展过程中定期进行演练，及时进行整改。同时医院应配置必要的应急装备、器材以及应急资金。发生辐射事故时，医院应当立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境主管和公安部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

医院在落实本次环评提出的环境事故风险防范措施，并落实辐射事故应急预案中提出的各项应急措施和设施的前提下，本项目辐射事故影响可控制在可接受水平内。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，使用II类射线装置的单位，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，并以文件形式明确管理人员职责；从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核；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。

根据上述要求，医院目前已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确了管理人员职责。该机构是以曹宏为组长、杨晓燕等人为组员的辐射安全与防护管理领导小组，具体见附件 7。

此外，本项目辐射工作人员共 7 人，均为医院现有辐射人员，均参加了辐射安全与防护培训并取得培训合格证书，证书均在有效期内。

12.2 辐射安全管理规章制度

12.2.1 现有情况

1、辐射安全许可情况

医院已根据相关法律、法规及文件的要求，在基本健全各项规章制度和管理机构的基础上，已取得江苏省生态环境厅颁发的辐射安全许可证，证书编号为苏环辐证[00290]，许可种类和范围为“使用III类、V 类放射源；使用 II 类、III类射线装置；生产、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”，有效期至 2027 年 11 月 10 日。

2、辐射防护工作管理工作制度

医院目前已制定的辐射防护工作管理制度有：

（1）辐射安全事故应急预案；

（2）放射防护告知制度；

（3）放射防护管理制度；

（4）放射人员培训、个人剂量、辐射环境监测管理制度；

（5）放射性废物管理制度；

（6）辐射防护和安全保卫制度；

（7）PET/CT、SPECT/CT 临床工作制度、注射室规章制度；

（8）岗位职责和操作规程制度；

（9）核医学科质量与安全管理制度；

（10）放射性污染的去除和废物处理制度；

（11）放射性药品安全使用管理办法；

（12）放射性药品的生产、登记制度；

（13）放射性核素的订购、领取、保管、使用制度；

（14）仪器管理、操作、保养和维修制度；

（16）放射诊疗质量保证制度；

（17）放射性同位素与射线装置台账管理办法。

3、个人剂量检定情况

医院现有的辐射工作人员均配备了个人剂量计，个人剂量计至少三个月送检一次，并建立了个人剂量档案，个人累积剂量均未超过标准限值要求。

4、职业健康体检情况

医院已开展职业健康体检工作，辐射工作人员在岗期间的职业健康检查结果：受检人员未见职业健康损害，可继续原放射工作。

5、职业资格培训情况

医院拥有较稳定的放射诊疗技术队伍，现有辐射工作人员均参加辐射防护与安全培训，保证所有辐射工作人员持证上岗。医院应组织辐射工作人员按时接受再培训。

6、年度评估制度

医院每年底对辐射防护工作进行年度评估，历年工作未发生辐射事故。

12.2.2 规章制度的补充建议

医院本次项目属于新增Ⅱ类射线装置，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规要求，医院应对其制定的一系列相关管理制进行补充完善，本报告对各项制度的要点提出以下建议：

（1）操作规程：医院拟根据本项目特点更新操作规程制度，明确移动 CT 在杂交手术室使用时，不与 DSA 同时运行；明确操作人员的权限以及操作时必须采取的防护

措施；明确工作中的控制措施以及操作程序等。

（2）岗位职责：明确辐射工作人员的岗位责任，并落实到个人，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，层层落实。

（3）人员培训计划：明确培训人员、培训周期、培训形式、培训内容、频次等，培训记录建立档案，做到有据可查。本项目辐射工作人员应按每五年一次的要求进行复训。

（4）监测方案：明确监测频次和监测项目。监测结果定期上报生态环境主管部门。为确保辐射安全，医院应制定监测方案。

（5）事故应急预案：依据《关于建立放射同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环发【2016】145 号）的要求，医院应根据本项目实际情况，完善辐射安全事故应急预案。当发生辐射事故时，医院应当立即启动辐射事故应急方案，采取有效的事故处理措施，防止事故恶化，并在规定时间内向当地生态环境部门和公安部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射时，还应同时报告当地卫生主管部门。

12.3辐射监测

12.3.1 监测仪器和防护设备

本项目 DSA 属II类射线装置，根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》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、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辐射巡测仪等。

医院拟配置 2 台个人剂量报警仪和 1 台辐射剂量率巡检仪，每个辐射工作人员均已配备个人剂量计，并建立个人剂量档案，能够满足相关辐射防护相关要求。

12.3.2 监测计划

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

表 12-1　工作场所年度监测和日常监测计划一览表

监测类别	工作场所	监测因子	监测频度	监测设备	监测范围	监测类型
年度监测	杂交手术室	周围剂量当量率	1次/年	按照国家规定进行计量检定	防护门外、门缝、观察窗、控制台、各侧屏蔽墙外30cm处、顶棚100cm处、楼下170cm处、管线洞口及周围需	委托监测
日常监测			2次/年			自行监测

					要关注的监督区	

注：日常监测的频率参考《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）5.3.3.2X射线机的辐射环境监测中“运行中，对屏蔽墙或自屏蔽体外30cm处的X-γ辐射空气吸收剂量率进行巡测，并选择部分关注点位开展γ辐射空气吸收剂量率（开关机时各测量一次）或累积剂量监测，每年1～2次”，故日常监测的频率定为2次/年。

医院须根据上述监测计划，明确监测频次和监测项目。监测结果定期上报生态环境行政主管部门。发现工作场所及周围环境监测结果异常情况的，应当立即采取措施，并在一小时内向县（市、区）或者设区的市生态环境行政主管部门报告。此外，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，使用放射源和射线装置的单位，应当对本单位的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 日前将年度评估报告上传至全国核技术利用辐射安全申报系统，年度评估发现安全隐患的，应当立即整改。

12.4 竣工环境保护验收

根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4 号），建设单位是建设项目环境保护验收的责任主体，本项目竣工后，建设单位应按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》规定的程序和标准，组织对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，验收报告分为验收监测（调查）报告、验收意见和其他需要说明的事项等三项内容。

建设单位应如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，编制验收监测（调查）报告。建设单位不具备编制验收监测（调查）报告能力的，可以委托有能力的技术机构编制。验收监测（调查）报告编制完成后，建设单位应当根据验收监测（调查）报告结论，逐一检查是否存在验收不合格的情形，提出验收意见。存在问题的，建设单位应当进行整改，整改完成后方可提出验收意见。为提高验收的有效性，在提出验收意见的过程中，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。验收工作组可以由设计单位、施工单位、环境影响报告书（表）编制机构、验收监测（调查）报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等组成，代表范围和人数自定。环保设施的验收期限一般不超过 3 个月；需要对环境保护设施进行调试或者整改的，验收期限最长不超过 12 个月。

12.5 辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》有关规定，医院成立了以曹宏为组长、杨晓燕等人为组员的辐射事

故应急处理领导小组，其负责组织、开展辐射事故的应急处理救援工作。

为有效处理核技术利用项目开展过程中可能产生的辐射事故，强化辐射事故应急处理能力，最大限度地控制事故危害，本环评建议建设单位对各本项目辐射工作场所制定针对性的应急预案，建议制定《临床试验研究中心辐射事故应急方案》，并对原有《辐射事故应急预案》进行修改、完善。

本环评要求建设单位制定的辐射事故应急预案必须包括下列内容：

（1）应急机构和职责分工；

（2）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；

（3）可能发生辐射事故类别与应急响应措施；

（4）辐射事故调查、报告和处理程序；

（5）辐射事故信息公开、公众宣传方案。

辐射事故应急预案还应包括可能引发辐射事故的运行故障的应急措施及其调查、报告和处理程序。

发生辐射事故时，事故单位立即启动事故应急方案，采取必要防范措施，并在 1 小时内向所在地生态环境部门和公安部门报告，同时按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》相关要求，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、公安部门及卫生部门调查事故原因，并做好后续工作。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

为提高医疗服务能力，进一步满足患者的就诊需求，医院拟在国家创伤区域医疗中心四层新建一间杂交手术室，并新购一台数字减影血管造影机（简称 DSA）。新购 DSA 型号待定，最大管电压 125kV，最大管电流 1250mA，属于Ⅱ类射线装置。

13.1.2 辐射安全与防护分析结论

（1）项目选址分析

本项目位于江南大学附属医院南院区国家创伤区域医疗中心四层杂交手术室，四层主要功能是手术中心，三层主要功能是专家门诊、烧创伤伤口治疗中心、门诊手术室、整形美容中心和住院药房，五层主要功能是 EICU，杂交手术室的设置充分考虑了邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全。本次评价项目实体边界外 50m 范围主要为和风路、医院的内部建筑物、内部道路和内部河流，不涉及江苏省国家级生态保护红线和江苏省生态空间管控区范围。

项目运营过程产生的电离辐射，经采取一定的辐射防护措施后，对周围环境与公众造成的影响是可接受的，故本项目的选址是合理的。

（2）项目分区及布局

本项目 DSA 机房位于国家创伤区域医疗中心四层杂交手术室，杂交手术室和控制室分开单独布置，区域划分明确。DSA 射线装置位于杂交手术室中央，主束方向主要为由下朝上，避免了有用线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位。本项目设置有独立的患者通道、医护通道和污物通道，DSA 射线装置经过机房实体屏蔽体屏蔽后，屏蔽体外剂量率符合标准要求，对周围辐射环境及人员影响是可以接受的。由上述可知，本项目杂交手术室布局是合理的。

本项目拟将杂交手术室内区域划定为控制区，在正常工作过程中，区内不得有无关人员进入。将杂交手术室相邻的控制室划为监督区，对该区不采取专门的防护手段安全措施，但要定期检测其辐射剂量率，在正常工作过程中，监督区内不得有无关人员滞留。由上述可知，本项目分区符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》的规定。

（3）辐射安全防护措施结论

本项目杂交手术室四侧墙体均采用轻钢龙骨架+4mm 铅板；顶棚采用 12cm 混凝土

+40mm 硫酸钡水泥；地坪采用 12cm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥；防护门均为内衬 4mm 铅板；观察窗采用 4mmPb 铅玻璃。本项目杂交手术室四侧墙体、地坪、顶棚、防护门以及观察窗均采取了辐射屏蔽措施，充分考虑了邻室（含楼上及楼下）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，本项目杂交手术室的防护设施的技术要求满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中的相关防护设施的技术要求。

杂交手术室控制室拟张贴相应的各项规章制度、操作规程。机房门外设电离辐射警告标志，机房门上方设有醒目的工作状态指示灯，灯箱上设警示语句；DSA 设有急停开关，推拉防护门设有防夹装置和门机连锁，平开防护门设有自动闭门装置，且防护门上方的工作状态指示灯均能与机房门有效关联。

杂交手术室配备相应的防护用品与辅助防护设施，其配置要求需按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求进行配制。

（4）辐射管理措施和管理制度评价

医院目前已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确了管理人员职责；该院应根据实际情况及本报告要求，制定和完善相关辐射安全管理制度，以适应当前环保的管理要求；本项目辐射工作人员均为医院现有辐射人员，均参加了辐射安全与防护培训并取得培训合格证书，证书均在有效期内。该院已对现有辐射工作人员进行了职业健康监护和个人剂量监测，并建立了个人职业健康监护档案和个人剂量档案。

13.1.3 环境影响分析结论

（1）辐射影响预测

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

根据理论计算结果，在做好个人防护措施和安全措施的情况下，本项目职业人员与公众所受的年有效剂量均能满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于职业照射和公众受照的“剂量限值”要求，同时满足本报告提出的剂量约束值：辐射工作人员有效剂量约束值不超过5mSv/a，公众有效剂量约束值不超过0.1mSv/a；手术医生和护士手部皮肤受到的年当量剂量满足本次评价提出的不超过125mSv的手部剂量约束值。

（2）三废处理处置

①废气

杂交手术室产生的臭氧和氮氧化物经通排风系统排入到大气环境后，臭氧可在50分钟后自然分解，氮氧化物只有臭氧产生量的1/3，因此本项目DSA射线装置产生的废气排出机房后对周围环境影响很小。

②固体废物

本项目介入手术会产生药棉、纱布、手套和器具等医疗废物，医疗废物采用专用容器分类收集，待手术结束，从杂交手术室运至同楼层的污物暂存间内暂存，作为医疗废物委托有资质单位进行处置。

辐射工作人员产生的生活垃圾不属于医疗废物，医院进行统一集中收集并交由环卫部门统一清运，对周围环境影响很小。

③废水

辐射工作人员产生的生活污水排入医院内污水处理站，经进一步处理后纳入市政污水管网。

13.1.4 可行性分析结论

（1）产业政策符合性分析结论

本项目属于核技术在医学领域内的运用，对照《产业结构调整指导目录（2019年本）》（2021年修订），本项目的建设属于第十三项“医药”中第五条“新型医用诊断医疗仪器设备和试剂、**数字化医学影像设备**，人工智能辅助医疗设备，高端放射治疗设备，电子内窥镜、手术机器人等高端外科设备，新型支架、假体等高端植入介入设备与材料及增材制造技术开发与应用，危重病用生命支持设备，移动与远程诊疗设备，新型基因、蛋白和细胞诊断设备”项目，属于国家鼓励类产业；对照《江苏省工业和信息产业结构调整指导目录（2012年本）》（2013年修正），本项目不属于限制类、淘汰类。综上，本项目符合国家和地方现行产业政策。

（2）实践的正当性分析

本项目的建设可以更好地满足患者就诊需求，提高对疾病的诊治能力。核技术在医学领域内的运用，对保障人民群众身体健康、拯救生命起了十分重要的作用，因此，该项目的实践是必要的。

医院在放射诊断和介入治疗过程中，对射线装置的使用将按照国家相关的辐射防护

要求采取相应的防护措施，对射线装置的安全管理将建立相应的规章制度。因此，在正确使用和管理射线装置的情况下，可以将该项目辐射产生的影响降至尽可能小。本项目产生的辐射给职业人员、公众及社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术应用实践具有正当性，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“实践的正当性”原则。

（3）项目可行性结论

综上所述，江南大学附属医院新建 1 台 DSA 项目的选址符合国家相关法律法规，平面布局合理可行；项目符合产业政策和实践正当性，在落实本报告提出的各项辐射管理、辐射防护措施后，其运行时对周围环境和人员的影响能够满足辐射环境保护相关标准的要求，因此从环境保护和辐射安全角度分析，该项目的建设是可行的。

13.2 建议与承诺

13.2.1 建议

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

13.2.2 承诺

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

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

（3）医院承诺所有辐射工作人员应在生态环境部辐射安全与防护培训平台参加培训，经考核合格后方可上岗，并按时接受再培训。辐射工作人员均配备个人剂量仪，每三个月委托有资质单位进行个人剂量监测，并建立个人剂量档案；辐射工作人员进行岗前、在岗期间和离岗职业健康检查，每两年委托相关资质单位对辐射工作人员进行职业健康检查，建立职业健康档案。

（4）医院承诺定期进行辐射工作场所的检查及监测，及时排除事故隐患。

（5）医院承诺严格执行辐射监测计划，发现问题及时整改。

表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见： 经办人：　　公章 年　　月　　日
审批意见： 经办人：　　公章 年　　月　　日

附表：

本项目“三同时”措施一览表

项目	辐射安全管理措施	内容	预期效果	预计投资（万元）
辐射安全管理机构		医院目前已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确了管理人员职责	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》规定的要求。	/
辐射安全管理制度		结合项目实际情况，制定和完善操作规程、岗位职责、人员培训计划、监测方案、辐射事故应急措施等	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》规定的要求。	/
辐射安全和防护措施		本项目杂交手术室四侧墙体均采用轻钢龙骨架+4mm 铅板；顶棚采用 12cm 混凝土+40mm 硫酸钡水泥；地坪采用 12cm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥；防护门均为内衬 4mm 铅板；观察窗采用 4mmPb 铅玻璃。	本项目正常运行时满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求的 X 射线设备机房屏蔽体外表面 30cm 处的辐射剂量率不大于 2.5μSv/h 的要求，对周围辐射环境影响在可接受范围内。	40
		杂交手术室控制室拟张贴相应的各项规章制度、操作规程。机房门外设电离辐射警告标志，机房门上方设有醒目的工作状态指示灯，灯箱上设警示语句；DSA 设有急停开关，推拉防护门设有防夹装置和门机连锁，平开防护门设有自动闭门装置，且防护门上方的工作状态指示灯均能与机房门有效关联；杂交手术室配备相应的防护用品与辅助防护设施。	满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中的相关要求。	10
辐射工作人员管理	辐射防护与安全培训和考核	辐射工作人员均应参加辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训，取得合格证方可上岗，并在取得合格证五年后进行复训	所有辐射工作人员持有培训合格证、体检报告和个人剂量报告，满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求。	2
	个人剂量监测	辐射工作人员应每隔 2 年进行职业健康检查，个人剂量计至少三个月送检一次，医院建立个人职业健康监护档案和个人剂量档案		2
	人员职业健康监护			
监测仪器和防护用品		医院拟配置 2 台个人剂量报警仪和 1 台辐射剂量率巡检仪；辐射工作人员配备防护铅当量为 0.5mmPb 的铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜 3 套，防护铅当量不低	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中辐射监测仪器和防护用品的配置	16

	于 0.025mmPb 的介入防护手套 2 套；患者配备防护铅当量为 0.5mmPb 的方巾 1 套，防护铅当量为 0.5mmPb 的铅橡胶颈套、铅橡胶帽子 1 套；辅助防护设施配备防护铅当量为 0.5mmPb 的铅悬挂防护屏、铅防护吊帘、床侧防护帘各 1 件	要求。	
合计			70

医院应严格落实“三同时”制度：建设项目中辐射防护和安全措施，必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。