

核技术利用建设项目
南京市妇幼保健院丁家庄院区建设项目
(新增 3 台 DSA)
环境影响报告表
(公示稿)

南京市妇幼保健院

2023 年 12 月

生态环境部监制

建设项目环境影响报告书（表） 编制情况承诺书

本单位南京绿创环境科技有限公司（统一社会信用代码9132011859800737XR）郑重承诺：本单位符合《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》第九条第一款规定，无该条第三款所列情形，不属于（属于/不属于）该条第二款所列单位；本次在环境影响评价信用平台提交的由本单位主持编制的南京市妇幼保健院丁家庄院区建设项目（新增3台DSA）项目环境影响报告书（表）基本情况信息真实准确、完整有效，不涉及国家秘密；该项目环境影响报告书（表）的编制主持人为邵绍燕（环境影响评价工程师职业资格证书管理号2019050353200000008，信用编号BH024293），主要编制人员包括刘乐乐（信用编号BH021256）（依次全部列出）等1人，上述人员均为本单位全职人员；本单位和上述编制人员未被列入《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》规定的限期整改名单、环境影响评价失信“黑名单”。

承诺单位(公章):



2020年1月8日

打印编号: 1697524154000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	H48cs		
建设项目名称	南京市妇幼保健院丁家庄院区建设项目（新增3台DSA）		
建设项目类别	55—172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称（盖章）	南京市妇幼保健院		
统一社会信用代码	123201004258009430		
法定代表人（签章）	钟天鹰		
主要负责人（签字）	耿洁		
直接负责的主管人员（签字）	陈敏		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	南京绿创环境科技有限公司		
统一社会信用代码	9132011859800737XR		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
邵绍燕	201905035320000008	BH 024293	邵绍燕
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
刘乐乐	表1项目基本情况、表2放射源、表3非密封放射性物质、表4射线装置、表5废弃物、表6评价依据、表7保护目标机评价标准、表8环境质量和辐射现状、表9项目工程分析与源项、表10辐射安全与防护、表11环境影响分析、表12辐射安全管理、表13结论与建议	BH 021256	刘乐乐

环境影响评价工程师
Environmental Impact Assessment Engineer

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

中华人民共和国人力资源和社会保障部

中华人民共和国生态环境部

姓名：邵绍燕
证件号码：
性别：女
出生年月：
批准日期：2019年05月19日
管理号：201905035320000008

江苏省社会保险权益记录单(参保单位)

参保单位全称：南京绿创环境科技有限公司 现参保地：建邺区
统一社会信用代码：913201185980073738 查询时间：202310-202401

共1页，第1页

单位参保险种		养老保险	工伤保险	失业保险
缴费总人数		16	16	16
序号	姓名	公民身份号码(社会保障号)	缴费起止年月	缴费月数
1			202310 - 202312	3
2	邵绍燕		202310 - 202312	3

- 说明：
- 本权益记录单涉及单位及参保职工个人信息，单位应妥善保管。
 - 本权益记录单为打印时参保情况。
 - 本权益记录单已签具电子印章，不再加盖鲜章。
 - 本权益记录单记录单出具后有效期内(6个月)，如需核对真伪，请使用江苏智慧人社APP，扫描右上方二维码进行验证(可多次验证)。



南京市妇幼保健院丁家庄院区建设项目（新增 3 台 DSA）

负责人现场踏勘照片



核技术利用建设项目
南京市妇幼保健院丁家庄院区建设项目
(新增 3 台 DSA)
环境影响报告表

建设单位名称：南京市妇幼保健院
建设单位法人代表（签名或签章）：
通讯地址：南京市莫愁路天妃巷 123 号
邮政编码：210004
电子邮箱： /



联系人：
联系电话：

目录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	8
表 3 非密封放射性物质	8
表 4 射线装置	9
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	10
表 6 评价依据	11
表 7 保护目标与评价标准	14
表 8 环境质量和辐射现状	20
表 9 项目工程分析与源项	31
表 10 辐射安全与防护	37
表 11 环境影响分析	44
表 12 辐射安全管理	68
表 13 结论与建议	72
表 14 审批	75

附图

附图 1 南京市妇幼保健院丁家庄院区地理位置图

附图 2 南京市妇幼保健院丁家庄院区卫星影像示意图

附图 3 南京市妇幼保健院丁家庄院区总平面布置图

附图 4 南京市妇幼保健院丁家庄院区门诊医技楼四楼平面布置图

附图 5 南京市妇幼保健院丁家庄院区门诊医技楼五楼平面布置图

附图 6 南京市妇幼保健院丁家庄院区门诊医技楼六楼平面布置图

附图 7 南京市妇幼保健院丁家庄院区病房楼十四楼平面布置图

附图 8 南京市妇幼保健院丁家庄院区病房楼十五楼平面布置图

附图 9 南京市妇幼保健院丁家庄院区病房楼十六楼平面布置图

附图 10 南京市妇幼保健院丁家庄院区与江苏省生态空间区域位置关系图

附件

附件 1 委托书

附件 2 事业单位法人证书

附件 3 立项文件

附件 4 辐射安全许可证

附件 5 射线装置使用承诺书

附件 6 《关于南京市妇幼保健院丁家庄院区建设项目环境影响报告书的批复》

附件 7 本底值检测报告及监测点位资质

表 1 项目基本情况

建设项目名称		南京市妇幼保健院丁家庄院区建设项目（新增 3 台 DSA）			
建设单位		南京市妇幼保健院（统一社会信用代码：123201004258009430）			
法人代表			联系人		联系电话
注册地址		南京市莫愁路天妃巷 123 号			
项目建设地点		南京市栖霞区丁家庄，东至燕新路，南至华电北路（华银路），西至寅春路，北至青山路（福寿街） （南京市妇幼保健院丁家庄院区门诊医技楼五楼、病房楼十五楼）			
立项审批部门		南京市发展和改革委员会		批准文号	宁发改投资字【2019】433 号
建设项目总投资（万元）		2130	项目环保总投资（万元）	212	投资比例（环保投资/总投资）
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其他			占地面积（m ² ）
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I类 ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
		☐ 使用	☐ I类（医疗使用） ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备PET 用放射性药物		
		☐ 销售	/		
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙		
	射线装置	☐ 生产	☐ II类 ☐ III类		
		☐ 销售	☐ II类 ☐ III类		
		☒ 使用	☒ II类 ☐ III类		
	其他	/			
	项目概述：				
一、建设单位基本情况、项目建设规模及由来					
1、建设单位基本情况					
南京市妇幼保健院（莫愁路院区）位于南京市秦淮区莫愁路天妃巷 123 号，主要服务宗旨和业务范围是为人民身体健康提供医疗与护理保健服务，开展各种诊疗及护理，医学研究、医学教学，卫生医疗人员培训，预防保健及健康教育等。南京市妇幼保健院					

莫愁路院区现有床位 500 张，已不能满足新形势下南京市妇幼保健院发展的需要，南京市妇幼保健院按照“医院两区”的发展思路，保留现有莫愁路院区并同时新建丁家庄院区。

南京市妇幼保健院新建丁家庄院区选址于南京市栖霞区丁家庄，东至燕新路，南至华银路，西至寅春路，北至福寿街，即为“南京市妇幼保健院丁家庄院区建设项目”，项目总建筑面积约为 29.3 万平方米，总投资约为 326589.4 万元，设计床位 1200 张。该项目已于 2019 年 7 月 30 日取得南京市发展和改革委员会出具的《关于南京市妇幼保健院丁家庄院区建设项目可行性研究报告的批复》（宁发改投资字〔2019〕433 号），项目代码为 2018-320113-83-01-365111；《南京市妇幼保健院丁家庄院区建设项目环境影响报告书》由江苏润环环境科技有限公司编制，已于 2020 年 7 月 20 日取得南京市生态环境局关于该项目的批复文件（附件 6，宁环建〔2020〕8 号）。

本次南京市妇幼保健院新增 3 台 DSA 项目，为南京市妇幼保健院丁家庄院区建设项目的组成部分，本次评价为项目辐射环境影响评价。

2、项目建设规模

为了满足患者就医需求，南京市妇幼保健院拟在丁家庄院区门诊医技楼五楼、病房楼十五楼新建 3 间 DSA 机房，并拟购置 3 台 DSA 设备（门诊医技楼五楼 2 台，型号均为 Artis Zee Ceiling，最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA；病房楼十五楼 1 台，型号为 Artis Q Ceiling，最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA），用于开展医疗诊断和介入治疗。该医院新增 3 台 DSA 设备情况见表 1-1。

表 1-1 南京市妇幼保健院丁家庄院区建设项目（新增 3 台 DSA）情况一览表

序号	射线装置名称及型号	射线装置类别	数量	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	工作场所	环评情况
1						丁家庄院区门诊医技楼五楼复合手术室	本次环评
2						丁家庄院区门诊医技楼五楼普通手术室	本次环评
3						丁家庄院区病房楼十五楼检查室	本次环评

3、项目的由来

为保护环境和公众利益，减少或避免辐射污染，根据《中华人民共和国环境影响评价法》《中华人民共和国放射性污染防治法》《建设项目环境保护管理条例》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规的规定，南京市妇幼保健院丁家庄院区建设项目（新增3台DSA）需进行环境影响评价。对照《建设项目环境影响评价分类管理名录》（生态环境部令第16号，2021年版），本项目为新增3台DSA项目，属于“172核技术利用建设项目”中的“使用II类射线装置的”项目，确定需编制环境影响报告表。受南京市妇幼保健院委托，南京绿创环境科技有限公司承担了该医院新增3台DSA项目的环境影响评价工作（见附件1）。我公司通过资料调研、现场勘察、初步分析，并委托南京泰坤环境检测有限公司对本项目周围环境进行了辐射环境本底监测，在此基础上编制了本项目环境影响报告表。

二、项目场址选址及周边保护目标

1、项目场址选址

南京市妇幼保健院丁家庄院区位于南京市栖霞区丁家庄，医院东侧为燕新路，南侧为华银路，西侧为寅春路，北侧为福寿街。医院地理位置示意图见附图1，医院卫星影像示意图见附图2和丁家庄院区总平面布置图见附图3。

医院拟于门诊医技楼五楼新建2间DSA机房（复合手术室、普通手术室），病房楼十五楼新建1间DSA机房（检查室），各间机房内配备1台DSA，用于医学诊断及介入治疗。

复合手术室DSA机房位于南京市妇幼保健院丁家庄院区门诊医技楼五楼北侧，DSA机房东侧为走道、设备间、操作间，南侧为通道，西侧为医生前室、病人前室、急诊手术室，北侧为预处理、负压污物打包间，楼下为透视区，楼上为净化机房、走道、露天平台，见图1-1、1-2。

普通手术室DSA机房位于南京市妇幼保健院丁家庄院区门诊医技楼五楼西侧，DSA机房东侧为设备间、胃肠镜手术室，南侧为控制室、走道，西侧为普通手术室（备用），北侧为走道，楼下为诊室、走道，楼上为实验分析室、走道，见图1-1、1-3。

检查室DSA机房位于南京市妇幼保健院丁家庄院区病房楼十五楼北侧，DSA机

房东侧为设备间、污物间，南侧为走道，西侧为操作间，北侧为室外临空，楼下为病房，楼上为设备机房，见图 1-1、1-4。



图 1-1 本项目 3 间 DSA 机房方位图

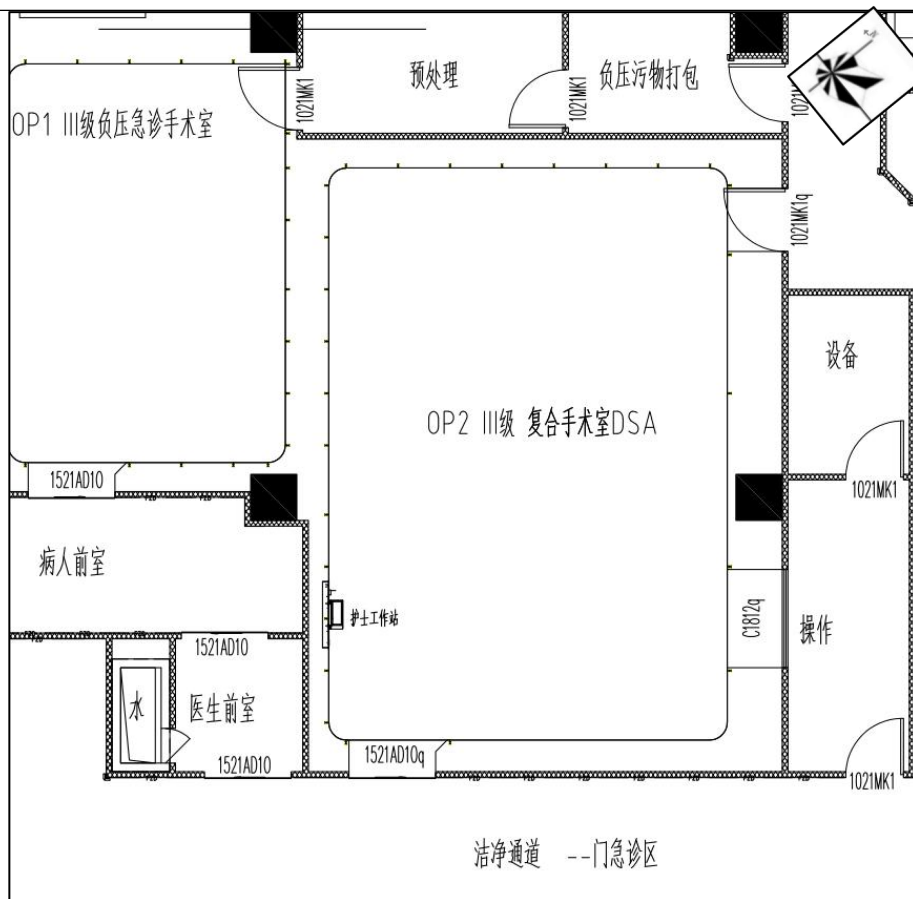


图 1-2 门诊医技楼五楼北侧复合手术室 DSA 机房四周平面布局

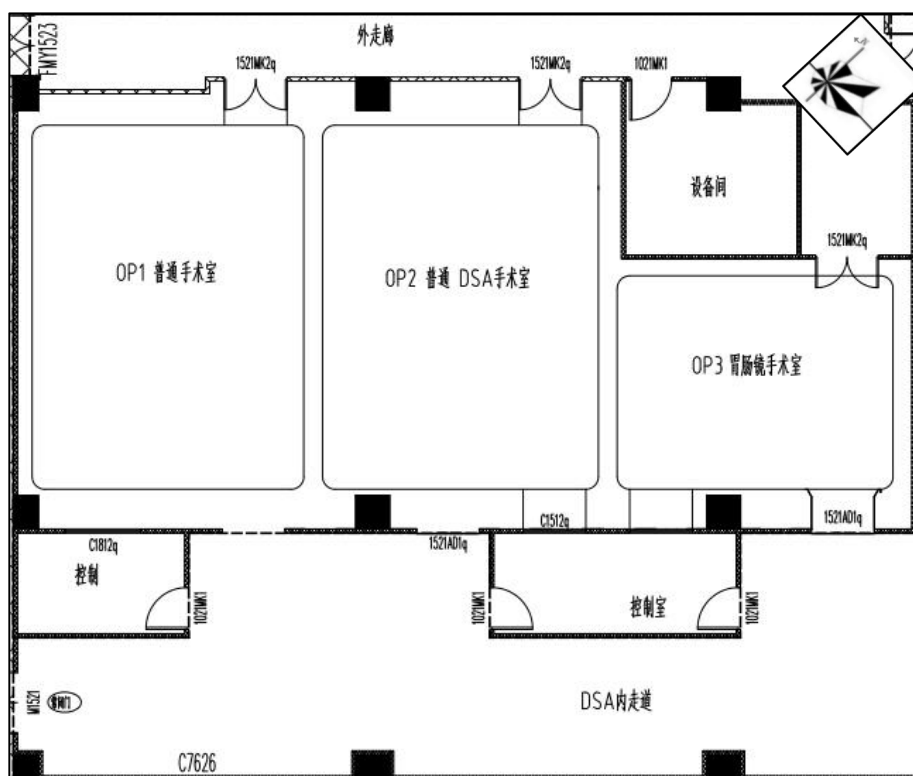


图 1-3 门诊医技楼五楼西侧普通手术室 DSA 机房四周平面布局

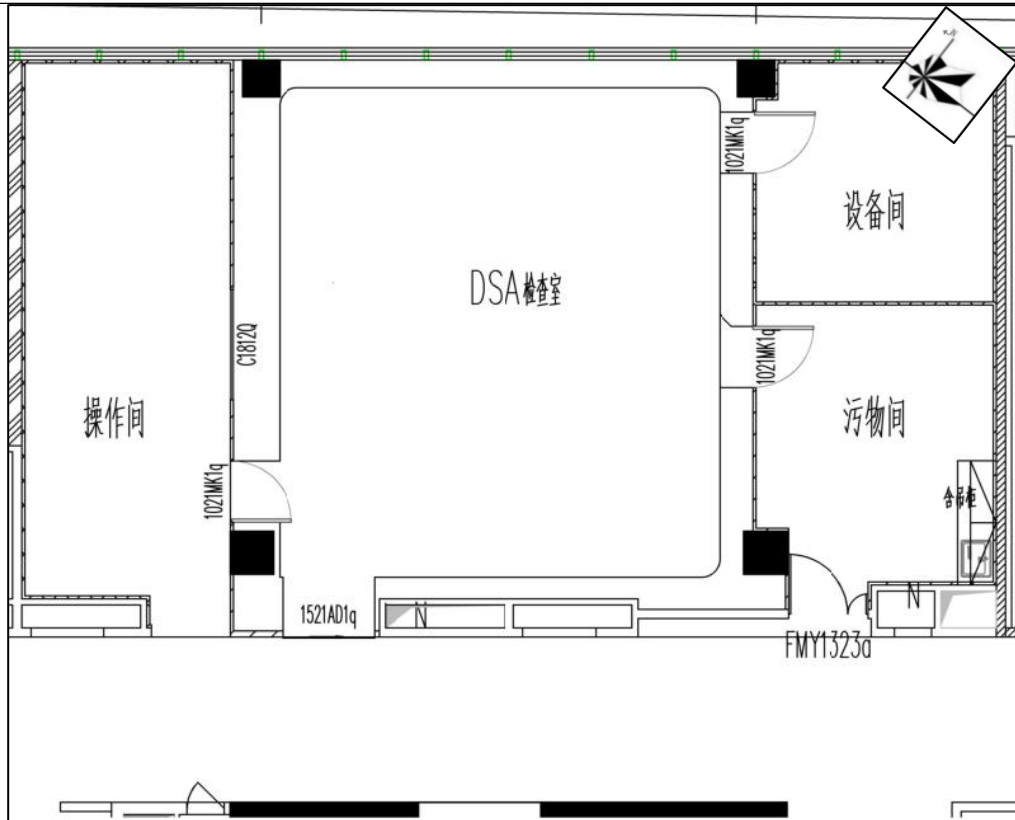


图 1-4 病房楼十五楼北侧检查室 DSA 机房四周平面布局

2、周边保护目标

本次新增门诊医技楼五楼普通手术室 DSA 机房 50m 评价范围均在医院内部，门诊医技楼五楼复合手术室、病房楼十五楼检查室 DSA 机房 50m 评价范围大部分位于医院内部，小部分位于医院东侧绿化带、道路，无学校、居民区等环境敏感点，运行后的环境保护目标主要是从事本项目的辐射工作人员、院内的其他医务人员、病患及陪同家属等流动人员。

三、原有核技术利用项目许可情况

南京市妇幼保健院目前已取得辐射安全许可证，证书编号为苏环辐证〔A0038〕范围为“使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置”，有效期至：2028 年 06 月 27 日。医院辐射安全许可证正副本见附件 4。医院原有核技术利用项目均已履行环保手续。

四、实践正当性分析

本项目的运行，可为患者提供放射诊断及治疗服务，并可提高当地医疗卫生水平，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，其获得的利益远大于对环境的影响，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。

五、“三线一单”相符性分析

本项目评价范围内不涉及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区。对照《省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》（苏政发〔2018〕74号）、《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》（苏政发〔2020〕1号），本项目拟建址评价范围内不涉及江苏省国家级生态保护红线、江苏省生态空间管控区域。根据现场监测和环境影响预测，项目建设满足环境质量底线要求，不会造成区域环境质量下降；本项目对资源消耗极少，不涉及违背生态环境准入清单的问题，根据《江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案》（苏政发〔2020〕49号），本项目拟建址评价范围内不涉及江苏省内优先保护单元。南京市妇幼保健院丁家庄院区与江苏省生态空间管控区域位置关系图见附图 10。

表 2 放射源

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

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

表 3 非密封放射性物质

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

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

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

[illegible]

(二) X射线机, 包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

[illegible]

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

[illegible]

表 6 评价依据

法规文件	(1) 《中华人民共和国环境保护法》（修订版），中华人民共和国主席令 第 9 号，2015 年 1 月 1 日起实施； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年修正版），中华人民共和国主席令第二十四号，2018 年 12 月 29 日发布施行； (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，中华人民共和国主席令 第 六号，2003 年 10 月 1 日起实施； (4) 《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，2005 年 12 月 1 日起施行；2019 年修改，国务院令 第 709 号，2019 年 3 月 2 日施行； (5) 《建设项目环境保护管理条例》（修订版），国务院令 第 682 号，2017 年 10 月 1 日发布施行； (6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修正本），生态环境部令 第 20 号，2021 年 1 月 4 日起施行； (7) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），生态环境部令 第 16 号，自 2021 年 1 月 1 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》，环保部令 第 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行； (9) 《关于发布〈射线装置分类〉的公告》，环境保护部、国家卫生健康委员会，公告 2017 年 第 66 号，2017 年 12 月 5 日起施行； (10) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，生态环境部公告 2019 年 第 57 号，2020 年 1 月 1 日起施行； (11) 《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第 2 号公告公布，2018 年 5 月 1 日起实施； (12) 《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，生态环境部公告 2019 年 第 39 号，2019 年 10 月 25 日发布； (13) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部令 第 9 号，2019 年 11 月 1 日起施行；
------	--

	(14) 《关于发布〈建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法〉配套文件的公告》，生态环境部公告 2019 年第 38 号，2019 年 10 月 25 日发布； (15) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，中华人民共和国主席令第五十八号，2020 年 4 月 29 日修订； (16) 《国家危险废物名录(2021 版)》，生态环境部令第 15 号，2021 年 1 月 1 日施行； (17) 《省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》，苏政发〔2018〕74 号，2018 年 6 月 9 日发布； (18) 《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》，苏政发〔2020〕1 号，2020 年 1 月 8 日发布； (19) 《江苏省政府关于印发江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》，苏政发〔2020〕49 号，2020 年 6 月 21 日发布； (20) 《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 28 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 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)； (4) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)； (5) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)； (6) 《电离辐射监测质量保证通用要求》(GB 8999-2021)； (7) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)； (8) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2019)。

其他	附图： 附图 1 南京市妇幼保健院丁家庄院区地理位置图； 附图 2 南京市妇幼保健院丁家庄院区卫星影像示意图； 附图 3 南京市妇幼保健院丁家庄院区总平面布置图； 附图 4 南京市妇幼保健院丁家庄院区门诊医技楼四楼平面布置图； 附图 5 南京市妇幼保健院丁家庄院区门诊医技楼五楼平面布置图； 附图 6 南京市妇幼保健院丁家庄院区门诊医技楼六楼平面布置图； 附图 7 南京市妇幼保健院丁家庄院区病房楼十四楼平面布置图； 附图 8 南京市妇幼保健院丁家庄院区病房楼十五楼平面布置图； 附图 9 南京市妇幼保健院丁家庄院区病房楼十六楼平面布置图； 附图 10 南京市妇幼保健院丁家庄院区与江苏省生态空间区域位置关系图。 附件： 附件 1 委托书； 附件 2 法人证书； 附件 3 立项文件； 附件 4 辐射安全许可证； 附件 5 射线装置使用承诺书； 附件 6 《关于南京市妇幼保健院丁家庄院区建设项目环境影响报告书的批复》； 附件 7 本底值检测报告及监测单位资质。
----	--

表 7 保护目标与评价标准

评价范围 根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）中“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”的规定，结合本项目的特点，确定本项目评价范围为本次新增 3 台 DSA 项目工作场所实体屏蔽墙体边界外周围 50m 范围内区域，评价范围详见附图 3。					
保护目标 根据医院提供的资料、现场调查及附图 3 可知，本项目 50m 评价范围内大部分位于院内，小部分位于院外绿化带、道路，无学校、居民区等环境敏感点。 本项目环境保护目标主要是本项目辐射工作人员、医院内其他工作人员、病患及陪同家属等流动人员。本项目环境保护目标详见表 7-1～表 7-3。					
表 7-1 门诊医技楼五楼复合手术室 DSA 机房保护目标一览表					
序号	保护目标位置	保护目标性质	方位	距离	人口规模
辐射工作人员					
1	控制室及机房内	辐射工作人员	/	/	共 5 人
公众人员					
1	门诊医技楼、病房楼	其他医务人员、病患、周围公众	机房周围及楼上、楼下	0~50m	约 35 人
2	院内道路及绿化	其他医务人员、病患、周围公众	东侧	17~50m	流动人员
3	院外道路及绿化	周围公众	东侧	46~50m	流动人员
表 7-2 门诊医技楼五楼普通手术室 DSA 机房 保护目标一览表					
序号	保护目标位置	保护目标性质	方位	距离	人口规模
辐射工作人员					
1	控制室及机房内	辐射工作人员	/	/	共 5 人
公众人员					
1	门诊医技楼	其他医务人员、病患、周围公众	机房周围及楼上、楼下	0~50m	约 35 人
2	院内道路及绿化	其他医务人员、病患、周围公众	西侧	15~50m	流动人员
3	院内道路及绿化	其他医务人员、病患、周围公众	南侧	40~50m	流动人员
表 7-3 病房楼十五楼检查室 DSA 机房保护目标一览表					
序号	保护目标位置	保护目标性质	方位	距离	人口规模
辐射工作人员					
1	控制室及机房内	辐射工作人员	/	/	共 5 人
公众人员					

1	门诊医技楼、病房楼	其他医务人员、病患、周围公众	机房周围及楼上、楼下	0~50m	约 35 人
2	院内道路及绿化	其他医务人员、病患、周围公众	东侧	8~39m	流动人员
3	院外道路及绿化	其他医务人员、病患、周围公众	东侧	39~50m	流动人员
4	院内道路及绿化	其他医务人员、病患、周围公众	北侧	0~50m	流动人员

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《省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》（苏政发〔2018〕74号）、《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》（苏政发〔2020〕1号），本项目拟建址评价范围内不涉及江苏省国家级生态保护红线、江苏省生态空间管控区域。根据《江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案》（苏政发〔2020〕49号），本项目拟建址评价范围内不涉及江苏省内优先保护单元；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。南京市妇幼保健院丁家庄院区与生态红线位置关系图见附图 10。

评价标准

一、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）

表 7-4 工作人员职业照射和公众照射剂量限值

对象	要求
职业照射剂量限值	应对任何工作人员的照射水平进行控制，使之不超过下述限值： ①由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量，20mSv ②任何一年中的有效剂量，50mSv ③眼晶体的年当量剂量，150mSv ④四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv
公众照射剂量限值	实践使公众中有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值： ①年有效剂量，1mSv； ②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； ③眼晶体的年当量剂量，15mSv； ④皮肤的年当量剂量，50mSv。

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。

控制区：

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。

监督区：

注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区：这种区域未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

二、《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）：

5 X 射线设备防护性能的技术要求

5.8 介入放射学、近台同室操作（非普通荧光屏透视）用 X 射线设备防护性能的专用要求

5.8.1 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类型的防护性能专用要求。

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

5.8.3 X 射线设备应配备能阻止使用焦皮距小于 20cm 的装置。

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

6 X 射线设备机房防护设施的技术要求

6.1 X 射线设备机房布局

6.1.1 应合理设置 X 射线设备、机房的门、窗和管线口位置，应尽量避免有用线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位。

6.1.2 X 射线设备机房（照射室）的设置应充分考虑邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全。

6.1.3 每台固定使用的 X 射线设备应设有单独的机房，机房应满足使用设备的布局要求。

6.1.5 除床旁摄影设备、便携式 X 射线设备和车载式诊断 X 射线设备外，对新建、改建和扩建项目和技术改造、技术引进项目的 X 射线设备机房，其最小有效使用面积、最小单边长度应符合表 7-5 的规定。

表 7-5 X 射线设备机房（照射室）使用面积、单边长度的要求

机房类型	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 ²
单管头 X 射线设备 ^b （含 C 形臂，乳腺 VBCT）	20	3.5

^b单管头、双管头或多管头 X 射线设备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的面积。
^e机房内单边长度指机房内有效使用面积的最小边长。

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 7-6 的规定。

表 7-6 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

6.3 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；

b) CT 机、乳腺摄影、乳腺 CBCT、口内牙片摄影、牙科全景摄影、牙科全景头颅摄影、口腔 CBCT 和全身骨密度仪机房外的周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h；

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。

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 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 7-5 基本种类要求的工作人员、受检者防护用品与辅助防护设施，其数量应满足开展工作需要，对陪检者应至少配备铅橡胶防护衣。

6.5.3 除介入防护手套外，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.25mmPb；介入防护手套铅当量应不小于 0.025mmPb；甲状腺、性腺防护用品铅当量应不小于 0.5mmPb；移动铅防护屏风铅当量应不小于 2mmPb。

6.5.4 应为儿童的 X 射线检查配备保护相应组织和器官的防护用品，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.5mmPb。

6.5.5 个人防护用品不使用时，应妥善存放，不应折叠放置，以防止断裂。

6.5.6 对于移动式 X 射线设备使用频繁的場所（如：重症监护、危重病人救治、骨科复位等场所），应配备足够数量的移动铅防护屏风。

表 7-7 个人防护用品和辅助防护设施配置要求

放射检查类型	工作人员		受检者	
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施
介入放射学操作	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套 选配：铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏 / 铅防护帘、床侧防护帘 / 床侧防护屏 选配：移动铅防护屏风	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套 选配：铅橡胶帽子	-

注 1：“—”表示不做要求。

注 2：各类个人防护用品和辅助防护设施，指防电离辐射的用品和设施。鼓励使用非铅材料防护用品，特别是非铅介入防护手套。

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 GBZ128 的规定。

三、项目管理目标限值

综合考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）、《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）等标准要求，本项目管理目标值为：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；距 DSA 机房墙体、门、窗表面外 30cm 处、顶棚上方（楼上）距顶棚地面 30cm 处、地面下方（楼下）距楼下地面 170cm 处的辐射剂量率目标控制值均为 2.5μSv/h。

四、参考资料

- （1）《辐射防护导论》，方杰主编。
- （2）《辐射防护手册（第一分册）》，李德平、潘自强主编。
- （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 7-8 江苏省道路、室内γ辐射（空气吸收）剂量率（单位：nGy/h）

	道路剂量率	室内剂量率
测值范围	18.1~102.3	50.7~129.4
均值	47.1	89.2
标准差（s）	12.3	14.0

根据上表，本报告取江苏省室内γ辐射（空气吸收）剂量率中的“测值范围”为其评价参考范围，即室内γ辐射（空气吸收）剂量率参考范围取 50.7~129.4nGy/h。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

一、项目位置、布局和周边环境

南京妇幼保健院丁家庄院区位于南京市栖霞区丁家庄，医院东侧为燕新路，南侧为华银路，西侧为寅春路，北侧为福寿街。医院地理位置图见附图 1，医院卫星影像图和平面布置图见附图 2、附图 3。

本项目复合手术室 DSA 机房位于南京市妇幼保健院丁家庄院区门诊医技楼五楼北侧，DSA 机房东侧为走道、设备间、操作间，南侧为通道，西侧为医生前室、病人前室、急诊手术室，北侧为预处理、负压污物打包间，楼下为透视区，楼上为净化机房、走道、露天平台。

本项目普通手术室 DSA 机房位于南京市妇幼保健院丁家庄院区门诊医技楼五楼西侧，DSA 机房东侧为设备间、胃肠镜手术室，南侧为控制室、走道，西侧为普通手术室（备用），北侧为走道，楼下为诊室、走道，楼上为实验分析室、走道。

本项目检查室 DSA 机房位于南京市妇幼保健院丁家庄院区病房楼十五楼北侧，DSA 机房东侧为设备间、污物间，南侧为走道，西侧为操作间，北侧为室外临空，楼下为病房，楼上为设备机房。

本次新增门诊医技楼五楼普通手术室 DSA 机房 50m 评价范围均在医院内部，门诊医技楼五楼复合手术室、病房楼十五楼检查室 DSA 机房 50m 评价范围大部分位于医院内部，小部分位于医院东侧绿化带、道路，均无学校、居民区等环境敏感点，运行后的环境保护目标主要是从事本项目的辐射工作人员、院内的其他医务人员、病患及陪同家属等流动人员。本项目 DSA 机房拟建址周边环境见图 8-1~8-6。



图 8-1 门诊医技楼五楼复合手术室 DSA 机房拟建址



图 8-2 门诊医技楼五楼普通手术室 DSA 机房拟建址



图 8-3 病房楼十五楼检查室 DSA 机房拟建址

	
机房东侧设备间	机房东侧操作间
	
机房南侧走道	机房西侧医生前室
	
机房西侧病人前室	机房西侧急诊手术室

	
机房北侧预处理间	机房北侧负压污物打包间
	
机房楼上净化机房、露天平台	机房楼下透视区
图 8-4 门诊医技楼五楼复合手术室 DSA 机房拟建址周围环境	
	
机房东侧设备间	机房东侧胃肠镜手术室



机房南侧控制室



机房南侧走道



机房西侧普通手术室 (备用)



机房北侧走道



机房楼上实验分析室



机房楼下诊室

图 8-5 门诊医技楼五楼普通手术室 DSA 机房拟建址周围环境



图 8-6 病房楼十五楼检查室 DSA 机房拟建址周围环境

二、辐射环境现状调查

根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）相关方法和要求，在进行环境现场调查时，于本次新增3台DSA项目拟建址周围进行布点，测量 γ 辐射剂量率，监测结果见表8-1～表8-3，监测点位示意图见图8-7—图8-9。

监测单位：南京泰坤环境检测有限公司

检测仪器：X- γ 辐射监测仪（设备型号：FH40G-L10+FHZ672E-10；设备编号：NJTK/YQ041，检定有效期：2023年8月22日～2024年8月21日，检定单位：江苏省计量科学研究院，检定证书编号：Y2023-0099189）

能量响应：40keV～4.4MeV

测量范围：1nSv/h～100 μ Sv/h

监测项目：X- γ 辐射剂量率

监测日期：2023年9月1日；2023年11月22日

天气：2023年9月1日多云；2023年11月22日晴

温度：2023年9月1日22.8℃～30.6℃；2023年11月22日18.2℃～20.1℃

相对湿度：2023年9月1日50%～52%；2023年11月22日52%～61%

监测布点：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）有关布点原则进行布点。

质量控制：本项目监测单位南京泰坤环境检测有限公司已通过计量认证（见附件7），具备相应的检测资质和检测能力，监测按照南京泰坤环境检测有限公司《质量管理手册》和《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）的要求，实施全过程质量控制。

数据记录及处理：开机预热，手持仪器。一般保持仪器探头中心距离地面（基础面）为1m。仪器读数稳定后，每个点位读取10个数据，读取间隔不小于10s。每组数据计算每个点位的平均值并计算标准差。空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021），使用 ^{137}Cs 作为检定/校准参考辐射源时，换算系数取1.20Sv/Gy。

监测人员、监测仪器及监测结果：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：参照江苏省天然 γ 辐射剂量水平调查结果，评价项目周围的辐射环境质

量。

表 8-1 本项目门诊医技楼五楼复合手术室 DSA 机房拟建址周围现状辐射剂量率

测点编号	检测点位描述	测量结果 (nGy/h)	备注
1	DSA 机房内中间	41.4	本底检测
2	DSA 机房拟建址北侧 (拟建负压污物打包间)	35.7	
3	DSA 机房拟建址北侧 (拟建预处理间)	36.1	
4	DSA 机房拟建址西侧 (拟建急诊手术室)	42.2	
5	DSA 机房拟建址西侧 (拟建病人前室)	45.2	
6	DSA 机房拟建址西侧 (拟建医生前室)	37.7	
7	DSA 机房拟建址南侧 (拟建通道)	41.6	
8	DSA 机房拟建址东侧 (拟建操作间)	36.5	
9	DSA 机房拟建址东侧 (拟建设备间)	36.8	
10	DSA 机房拟建址东侧 (拟建走道)	40.0	
11	DSA 机房拟建址楼上 (拟建走道)	63.1	
12	DSA 机房拟建址楼下 (透视区)	42.2	

备注：1、所有测点均位于多层室内；2、检测报告方位以燕新路为北。

表 8-2 本项目门诊医技楼五楼普通手术室 DSA 机房拟建址周围现状辐射剂量率

测点编号	检测点位描述	测量结果 (nGy/h)	备注
1	拟建 DSA 机房南侧 (拟建控制室)	59.2	本底检测
2	拟建 DSA 机房西侧 (拟建普通手术室备用间)	53.8	
3	拟建 DSA 机房北侧 (拟建走道)	50.3	
4	拟建 DSA 机房东侧 (拟建设备间)	59.1	
5	拟建 DSA 机房中部	58.6	
6	拟建 DSA 机房上方 (拟建实验分析室、走道)	54.9	
7	拟建 DSA 机房下方 (拟建诊室、走道)	53.2	
8	拟建 DSA 机房东侧 (拟建胃肠镜手术室)	51.0	
9	拟建 DSA 机房南侧 (走道)	53.0	

备注：1、所有测点均位于多层室内；2、检测报告方位以燕新路为北。

表 8-3 本项目病房楼十五楼检查室 DSA 机房拟建址周围现状辐射剂量率

测点编号	检测点位描述	测量结果 (nGy/h)	备注
1	DSA 机房内	47.2	本底检测
2	DSA 机房拟建址西侧 (拟建操作间)	53.4	
3	DSA 机房拟建址南侧 (拟建走道)	55.5	
4	DSA 机房拟建址东侧 (拟建污物间)	63.4	
5	DSA 机房拟建址东侧 (拟建设备间)	48.8	
6	DSA 机房拟建址楼上机房	59.7	
7	DSA 机房拟建址楼下病房	48.7	

备注：1、所有测点均位于多层室内；2、检测报告方位以燕新路为北。

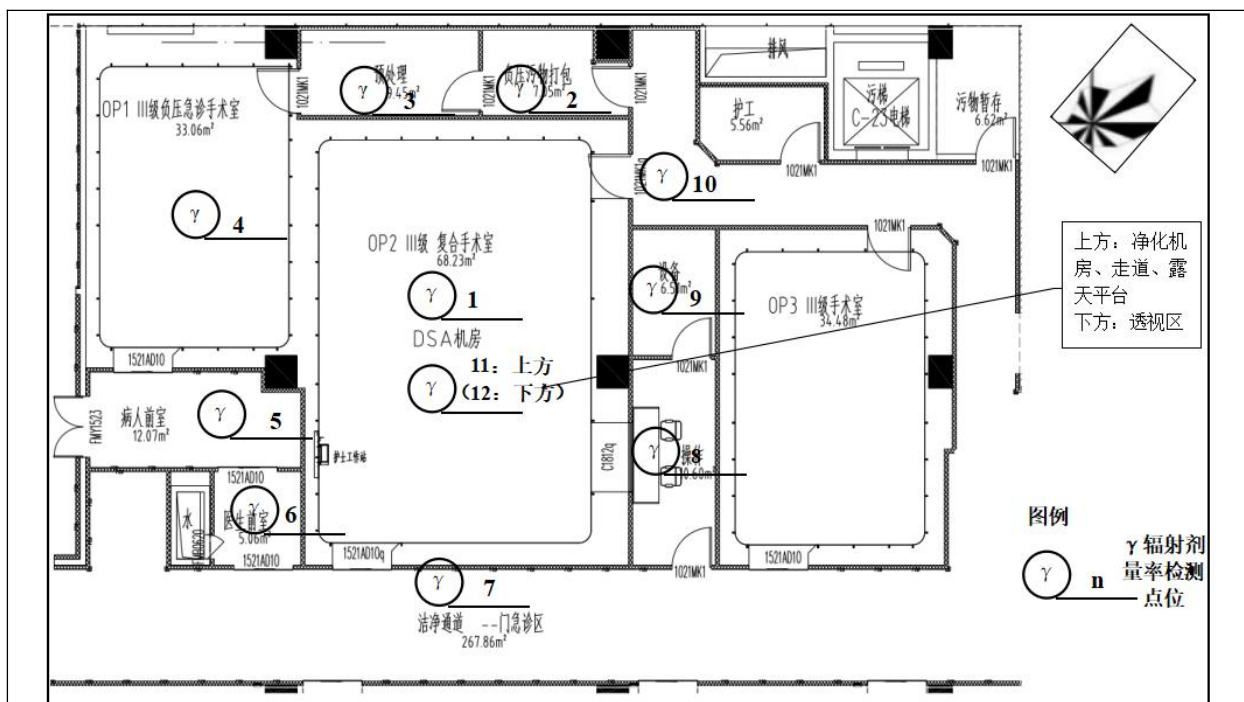


图 8-7 本项目门诊医技楼五楼复合手术室 DSA 机房拟建址周围环境 γ 辐射监测点位示意图

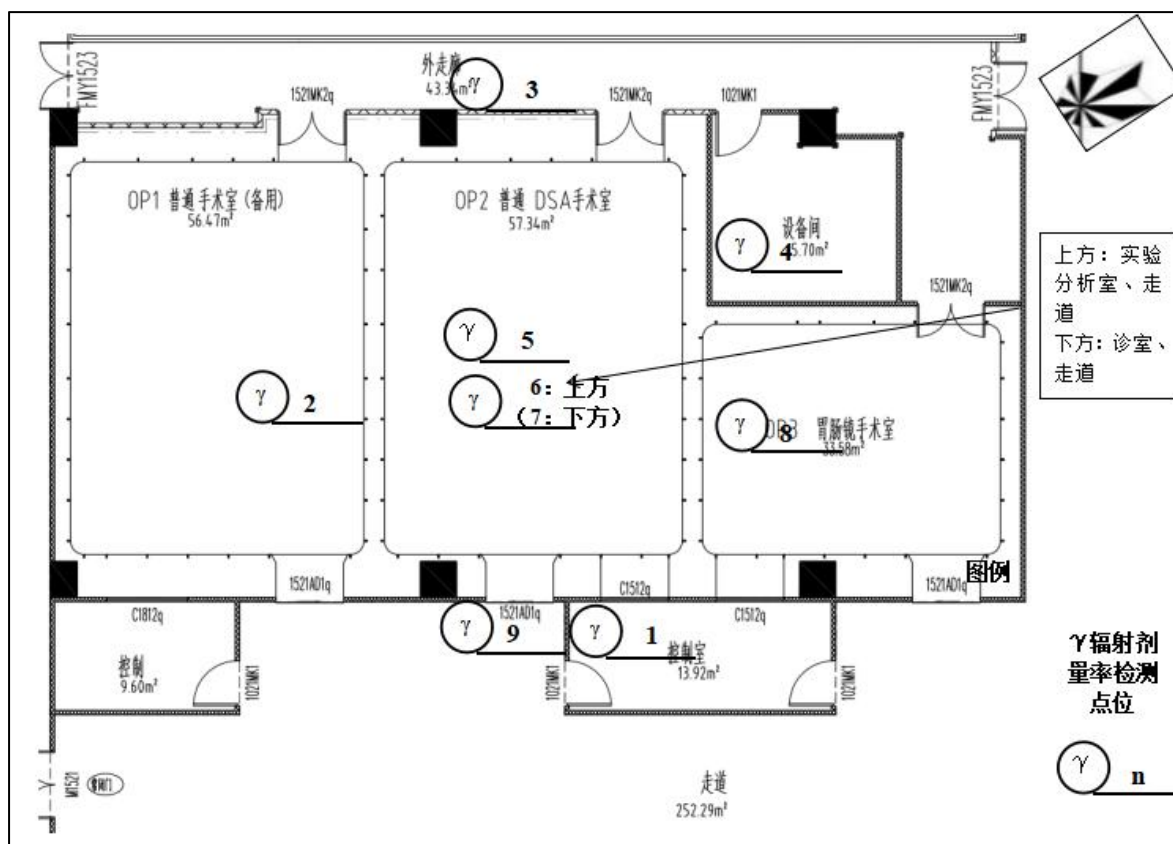


图 8-8 本项目门诊医技楼五楼普通手术室 DSA 机房拟建址周围环境 γ 辐射监测点位示意图

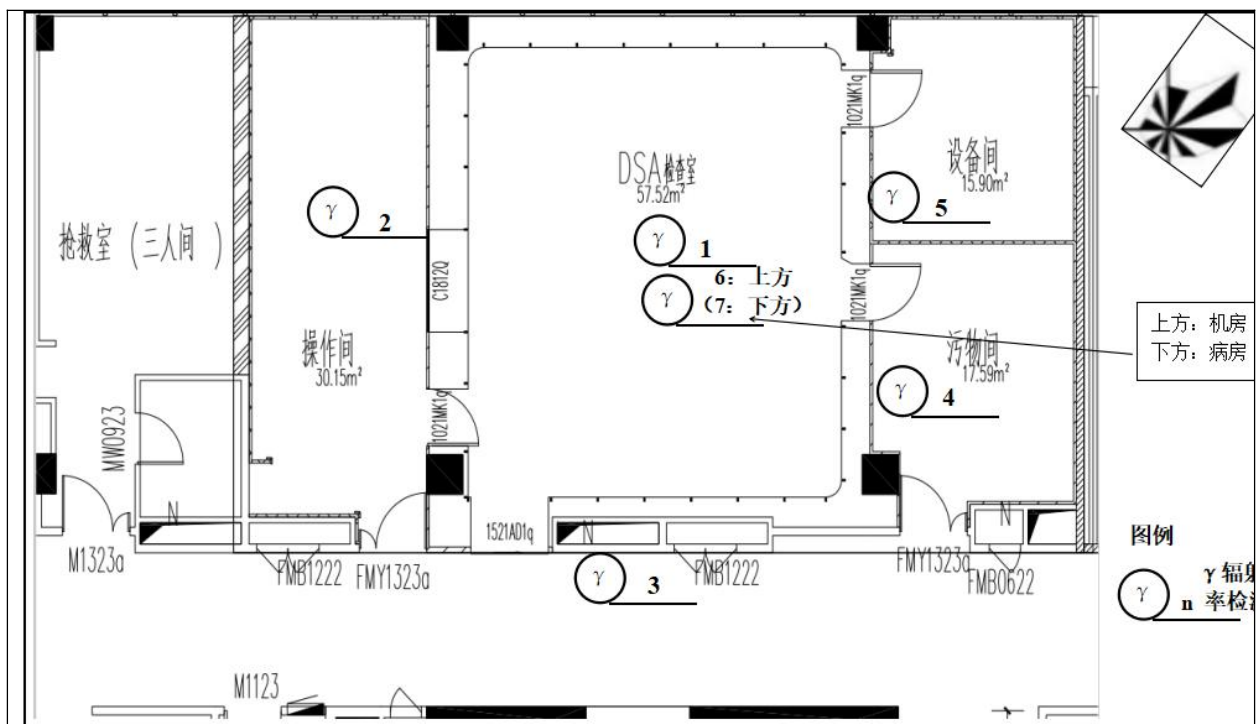


图 8-9 本项目病房楼十五楼检查室 DSA 机房拟建址周围环境 γ 辐射监测点位示意图

从表 8-1～表 8-3 监测结果可知，南京市妇幼保健院丁家庄院区建设项目（新增 3 台 DSA）拟建址室内环境 γ 辐射剂量率在 $35.7\text{nGy/h} \sim 63.4\text{nGy/h}$ 之间，其中复合手术室周围环境仅有 1 个室内测点在江苏省室内 γ 辐射（空气吸收）剂量率测值范围内，其他室内测点均低于江苏省室内 γ 辐射（空气吸收）剂量率测值范围；普通手术室周围环境仅有 1 个室内测点低于江苏省室内 γ 辐射（空气吸收）剂量率测值范围，其他室内测点均在室内 γ 辐射（空气吸收）剂量率测值范围内；检查室周围环境有 4 个室内测点在江苏省室内 γ 辐射（空气吸收）剂量率测值范围内，其他室内测点均低于室内 γ 辐射（空气吸收）剂量率测值范围。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

一、工程设备

1、主要设备：

DSA 因其整体结构像大写的“C”，因此也称作 C 型 X 光机，DSA 由 X 线发生装置（包括 X 射线球管及其附件、高压发生器、X 射线控制器等）和图像检测系统（包括光栅，影像增强管、光学系统、线束支架、检查床、输出系统等）组成。常见的 DSA 外观示意图见图 9-1。

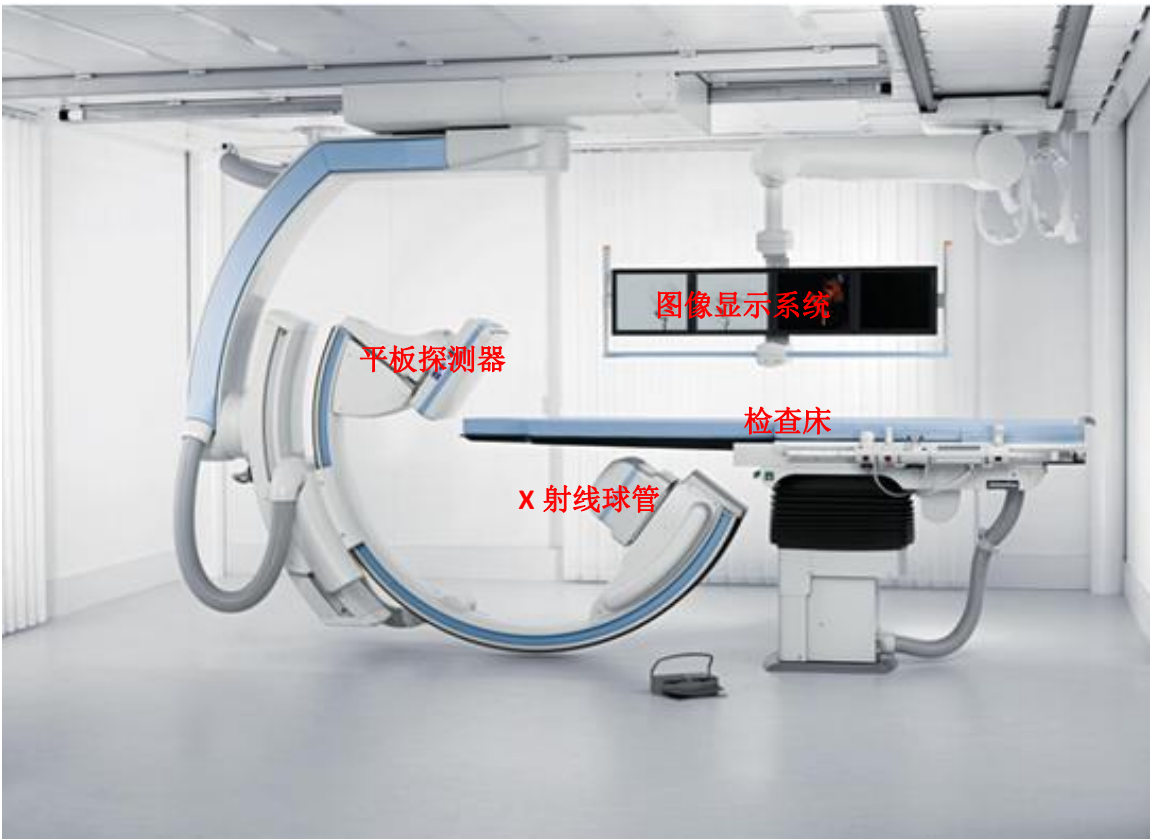


图 9-1 常见 DSA 外观示意图

本项目拟新增 3 台 DSA，其中门诊医技楼五楼 2 台 DSA 型号均为 Artis Zee Ceiling（单球管），病房楼十五楼 1 台 DSA 型号为 Artis Q Ceiling（单球管），3 台 DSA 设备技术参数相同见表 9-1。

表 9-1 本项目 DSA 主要设备技术参数

指标	技术参数

2、配套设备：

本项目拟新增 3 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	DSA 配电	设备间
2	高压发生器柜	1	DSA 高压装置	设备间
3	系统控制柜	1	设备控制和系统传输	设备间
4	控制系统	1	DSA 设备操作	控制室

二、工作原理及工作流程

1、工作原理

数字减影血管造影技术是常规血管造影术和电子计算机图像处理技术相结合的产物。DSA 的成像基本原理为：将受检部位没有注入造影剂和注入造影剂的血管造影 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存储起来，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/模转换成普通的模拟信号，获得了去除骨骼、肌肉和其他软组织，只留下单纯血管影像的减影图像，通过显示器显示出来。通过 DSA 处理的图像，使血管的影像更为清晰，在进行介入手术时更为安全。DSA 系统结构图见图 9-2。

DSA 是引导介入放射治疗的重要医学影像设备，通过置入体内的各种导管（约 1.5~2 毫米粗）的体外操作和独特的处理方法，对体内病变进行治疗。介入治疗具有不开刀、创伤小、恢复快、效果好的特点，目前基于数字血管造影系统指导的介入治疗医生已能把导管或其他器械，介入到人体几乎所有的血管分支和其他管腔结构（消化道、胆道、气管、鼻管、心脏等），以及某些特定部位，对许多疾病实施局限性治疗。

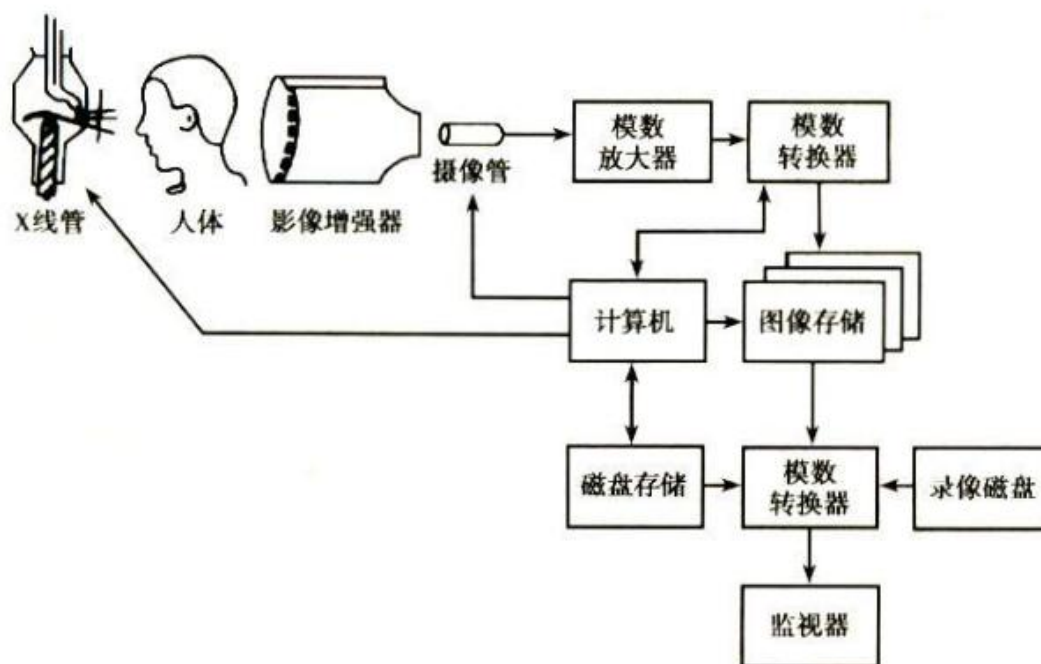


图 9-2 DSA 系统结构图

2、工作流程及产污环节分析

患者在进行 DSA 诊断和在 DSA 引导下进行介入治疗时，先仰卧进行无菌消毒，局部麻醉后，经皮穿刺动脉，送入引导钢丝及扩张血管与外鞘，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。本项目 DSA 在进行曝光时分为两种情况：

第一种情况：血管减影检查。操作人员采取隔室操作的方式（即操作医师在控制室内对患者进行曝光），医生通过铅玻璃观察窗和操作台观察机房内患者情况，并通过对讲系统与患者交流。

第二种情况：引导介入治疗。患者需要进行介入手术治疗时，为更清楚地了解患者情况时会有连续曝光，并采用连续脉冲透视，此时操作医师位于铅帘后身着铅服、铅眼镜在机房内对患者进行直接的介入手术操作。

本项目采用先进的数字显影技术，电脑成像，不使用显（定）影液，不产生废显影液、废定影液和废胶片。注入的造影剂不含放射性。

设备运行过程中产生的污染物主要为 X 射线、少量臭氧和氮氧化物以及手术过程中产生的医疗废物。

本项目 DSA 工作流程及产污环节如下图 9-3：

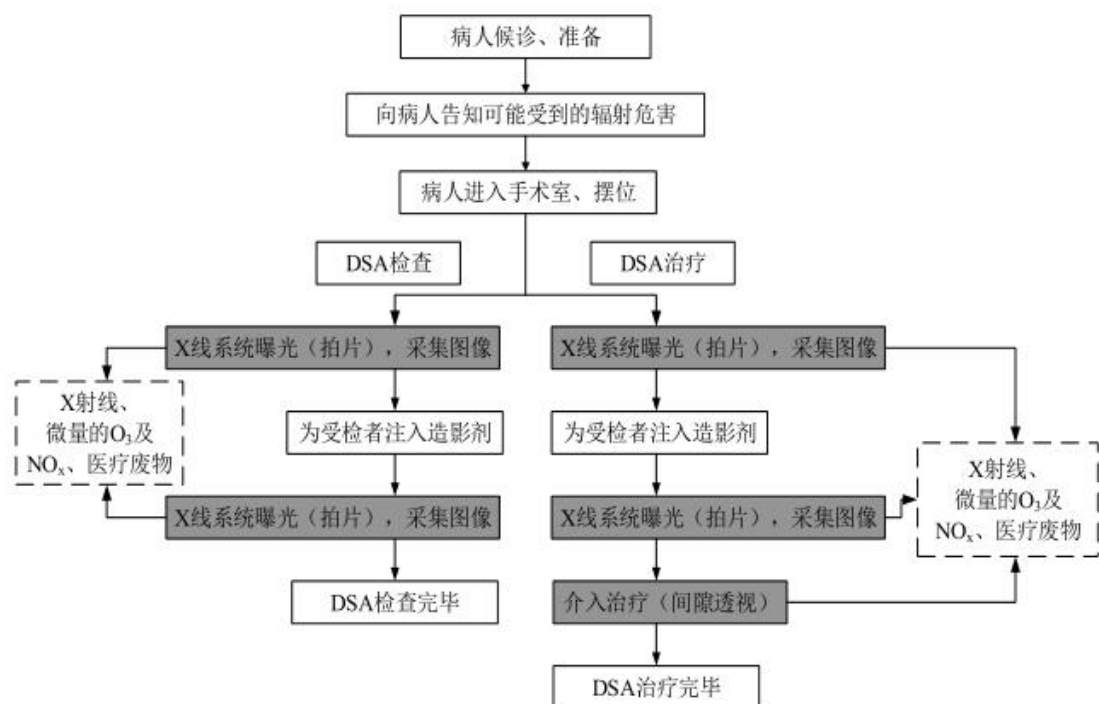


图 9-3 DSA 工作流程及产污环节示意图

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，本项目拟配置的 3 台 DSA 最大管电压 $\leq 125\text{kV}$ ，最大管电流 $\leq 1000\text{mA}$ ，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。而介入放射治疗需要长时间的透视和大量的摄片，对病人和医务人员有一定的附加辐射剂量。

DSA 产生的 X 射线是随机器的开、关而产生和消失，其穿透能力与 X 射线管的管电压和出口滤过有关。在开机出束期间，X 射线是主要污染因子。辐射场中的 X 射线包括有用线束（主束）、漏射线和散射线。由于射线能量较低，不必考虑感生放射性问题。

（1）有用线束

本项目 DSA 的有用线束投射方向为由下至上。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），摄影时，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与设备最大管电压和管电流之间留有一定的裕量。根据医院提供资料，

DSA 正常运行时，透视模式的工况为（60~90）kV/（5~20）mA，拍片模式的工况为（60~100）kV/（5~700）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《辐射防护导论》（方杰著）附图 3 中查取。根据设备厂家提供的资料，本项目 3 台 DSA 的 X 射线球管过滤板为固有 2.5mm Al+附加 0.9mm Cu，保守按 2.5mmAl 考虑。本项目拍片时最大管电压为 100kV，透视时最大管电压为 90kV，查《辐射防护导论》附图 3，DSA 离靶 1 米处的发射率约为 $7.8\text{mGy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$ 、 $6\text{mGy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$ 。

（2）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 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：安全通用要求 三、并列标准诊断 X 射线设备的辐射防护》（GB9706.103-2020）中泄漏辐射空气比释动能率为允许的最大值 1.0mGy/h 。

（3）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。

工作负荷：根据医院提供的资料，本项目 DSA 的工作负荷情况见表 9-3~表 9-4。

表 9-3 本项目复合手术室/普通手术室 DSA 工作负荷

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
外周+非血管介入	60 台	20min			20h
小计					20h
拍片					
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
外周+非血管介入	60 台	0.5—1s	7—20 次	0.33min	0.33h
小计					0.33h
总计					20.33h

表 9-4 本项目检查室 DSA 工作负荷

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	100 台	约 15min			25h
小计					25h
拍片					
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	50 台	2s	7—60 次	2min	1.67h
小计					1.67h
总计					26.67h

南京市妇幼保健院拟为本项目配备 15 名辐射工作人员，其中手术医生 8 人，护士 4 人，技师 3 人，不兼职其他辐射工作。辐射工作人员均须参加辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的学习及培训，考核合格后方可上岗。本项目拟配备的 15 名辐射工作人员存在 3 间 DSA 机房交叉工作的情况，根据医院提供的 DSA 工作负荷，医生、护士年接触射线时间不超过 25h，技师在控制室进行隔室操作设备，隔室操作时间不超过 26.67h，包括透视和拍片。辐射工作人员年工作 250 天。

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通风系统排至室外，臭氧常温下 50 分钟可自动分解为氧气；

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

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

表 10 辐射安全与防护

项目安全措施

一、工作场所布局合理性

1、工作场所布局

本项目拟建 3 台 DSA 机房，门诊医技楼五楼复合手术室 DSA 工作场所设有机房、设备间、操作室、预处理、负压污物打包，机房与设备间、操作室分开单独设置，区域划分明确，布局基本合理；门诊医技楼五楼普通手术室 DSA 工作场所设有机房、设备间、操作室，机房与设备间、操作室分开单独设置，区域划分明确，布局基本合理；病房楼十五楼检查室 DSA 工作场所设有机房、设备间、污物间、操作间，机房与设备间、污物间、操作间分开单独设置，区域划分明确，布局基本合理。

本项目 3 台 DSA 机房内最小有效使用面积、最小单边长度见表 10-1，平面布置见图 10-1~10-3。

表 10-1 本项目 DSA 机房使用面积、单边长度一览表

机房	使用设备	机房内最小有效使用面积 (m ²)		机房内最小单边长度 (m)	
		本项目	标准要求	本项目	标准要求
门诊医技楼五楼复合手术室 DSA 机房	DSA	58.59	20	6.30	3.5
门诊医技楼五楼普通手术室 DSA 机房	DSA	48.20	20	5.95	3.5
病房楼十五楼检查室 DSA 机房	DSA	48.71	20	6.60	3.5

2、工作场所分区

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

控制区：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。

监督区：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的区域。

本项目将 DSA 所在机房作为辐射防护控制区，拟在防护门显著位置处设置电离辐射警告标志及中文警示说明，防止非辐射工作人员误入，造成照射；与 DSA 机房有关联性的预处理间、负压污物打包间、设备间、操作间划定为监督区，拟在监督区的所有

入口处设立表明监督区的标牌，限制无关人员进入。本项目 DSA 工作场所分区符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定。本项目新增 3 台 DSA 工作场所平面布置、分区及人流、物流路径示意图见图 10-1~10-3。

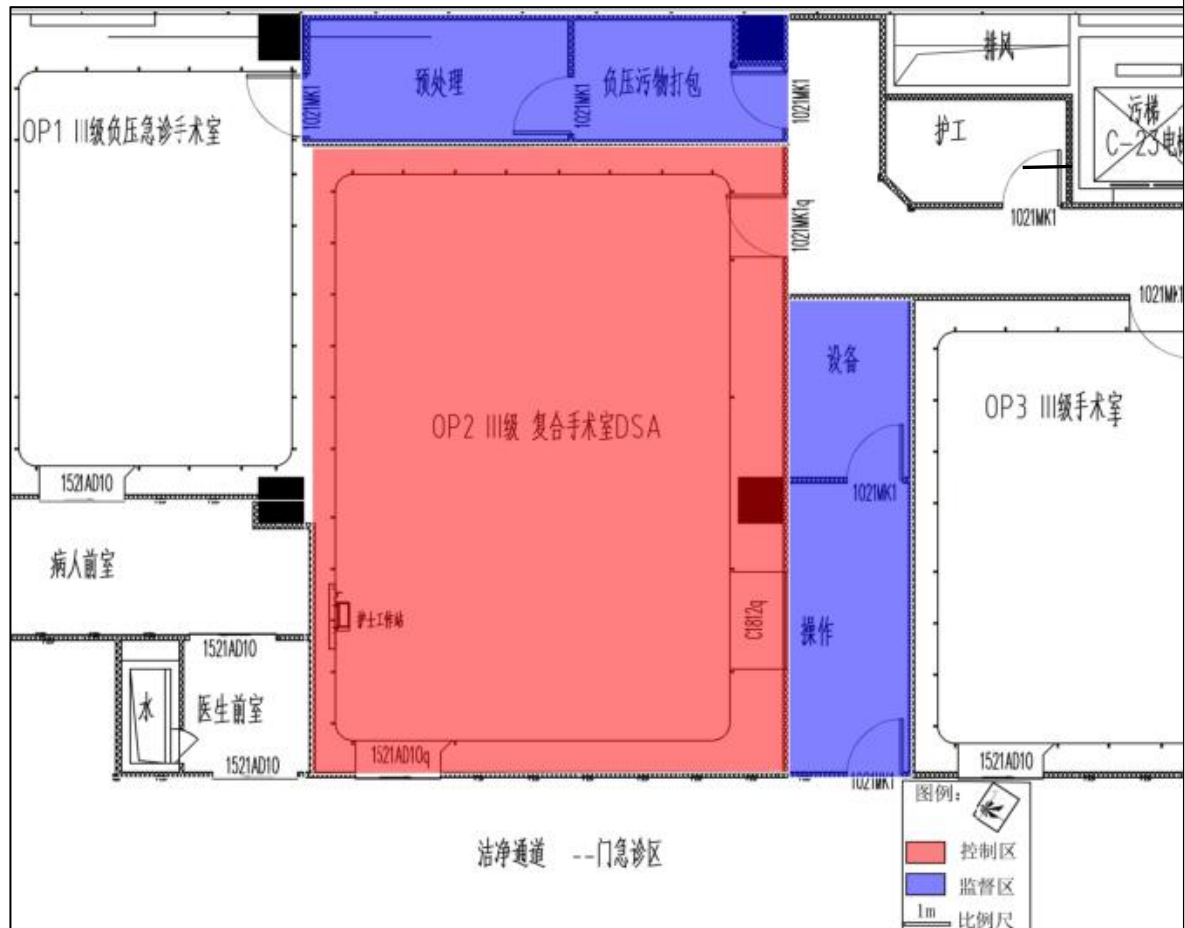


图 10-1 本项目门诊医技楼五楼复合手术室 DSA 机房控制区与监督区划分示意图

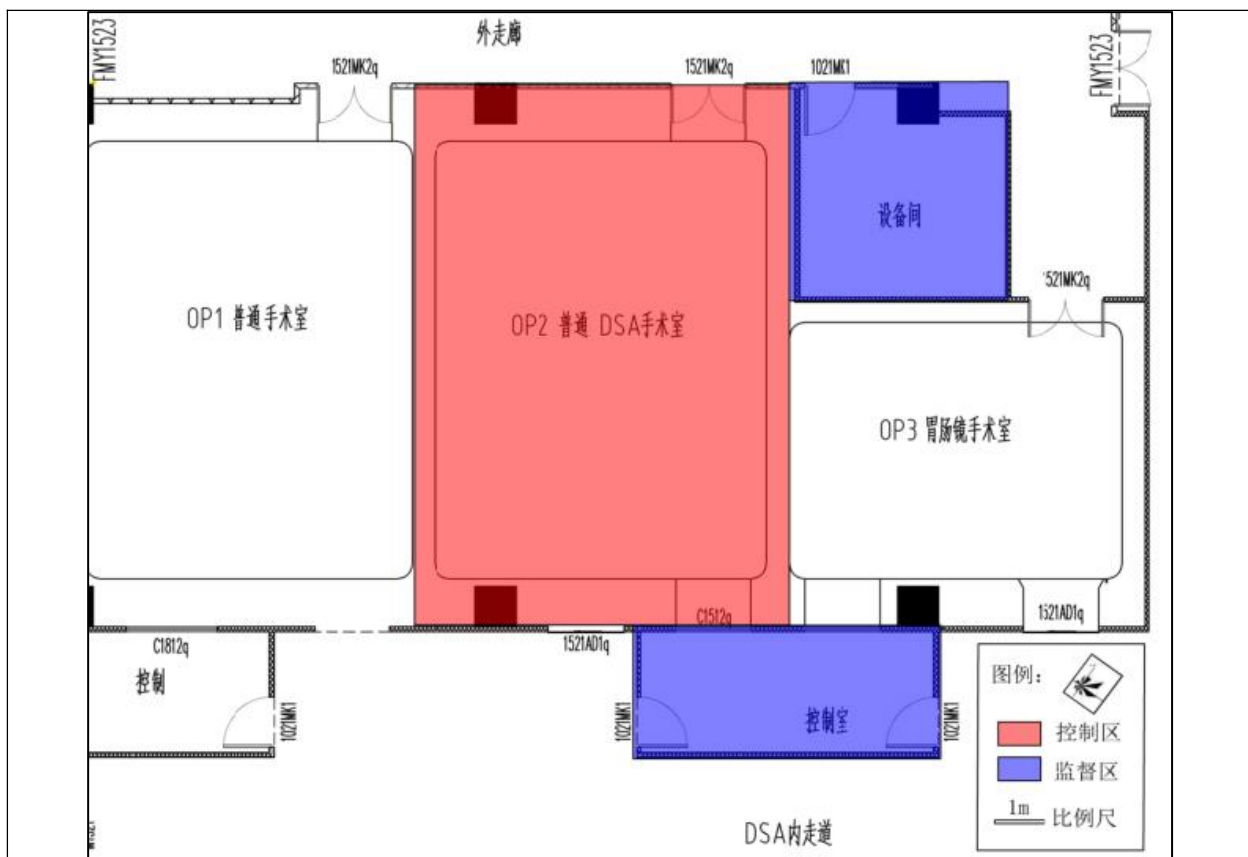


图 10-2 本项目门诊医技楼五楼普通手术室 DSA 机房控制区与监督区划分示意图

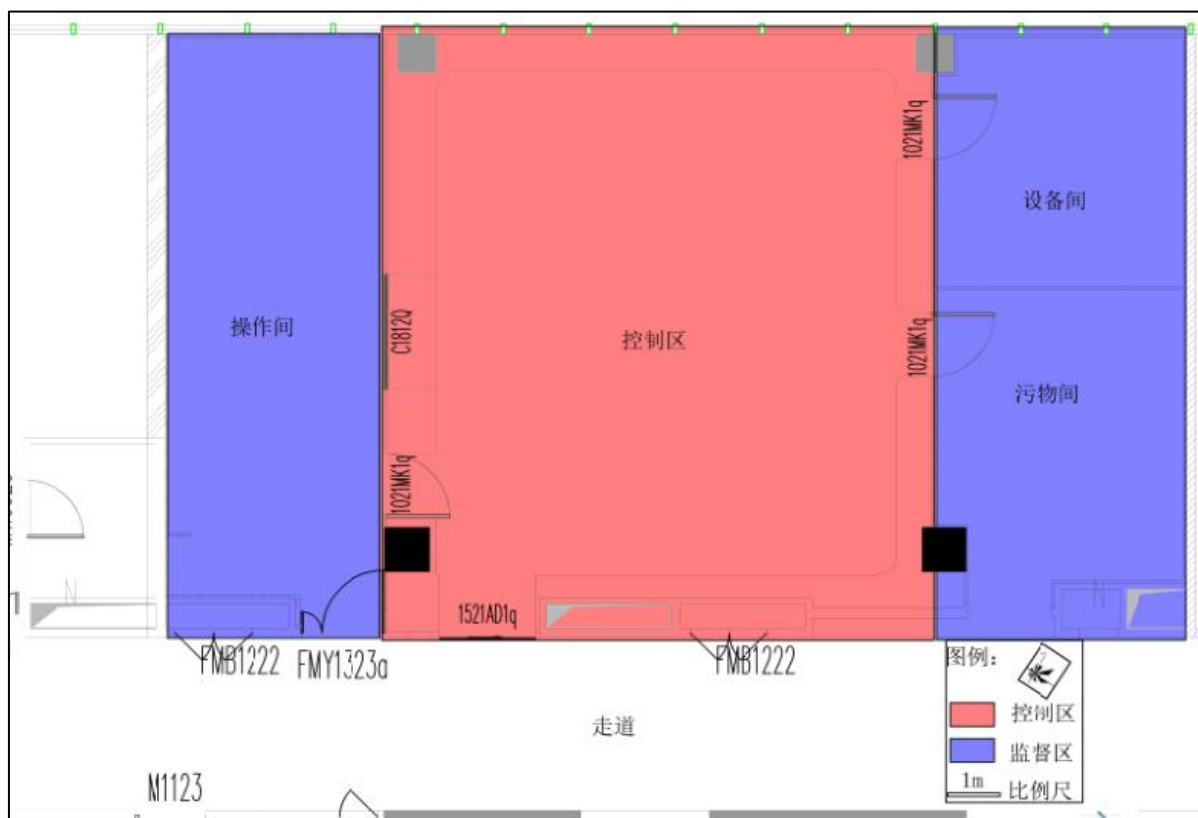


图 10-3 本项目病房楼十五楼检查室 DSA 机房控制区与监督区划分示意图

二、辐射防护屏蔽设计

本项目新增 3 间 DSA 机房的屏蔽防护参数见表 10-2、表 10-3。

表 10-2 本项目复合手术室/普通手术室 DSA 机房屏蔽防护参数一览表

屏蔽体	屏蔽设计
四面墙体	
顶面	
地板	
防护门	
观察窗	

备注：铅的密度不低于 11.3g/cm^3 ，混凝土密度为 3.25g/cm^3 。

表 10-3 本项目检查室 DSA 机房屏蔽防护参数一览表

屏蔽体	屏蔽设计
四面墙体	
顶面	
地板	
防护门	
观察窗	

备注：铅的密度不低于 11.3g/cm^3 ，混凝土密度为 3.25g/cm^3 。

三、辐射安全措施

为保障 DSA 安全运行，避免在开机期间人员误留或误入机房内而发生误照射事故，本项目 DSA 工作场所设置有相应的辐射安全装置和保护措施，主要有：

（1）电离辐射警告标志

DSA 机房入口处拟设置“当心电离辐射”警告标志和中文警示说明。候诊区应设置放射防护注意事项告知栏。

（2）门灯联动

DSA 机房患者入口防护门上方拟设置工作状态指示灯，防护门设置自动闭门装置，且工作状态指示灯和与机房相通的门能有效联动，防护门关闭的情况下，工作状态指示灯才亮，推拉门设置防夹装置。

（3）急停按钮

DSA 控制室设置一个急停按钮，机房内的治疗床边操作面板自带一个急停按钮，各按钮分别与 X 射线系统连接，在出现紧急情况下，按下急停按钮，即可停止 X 射线系统出束。

（4）观察窗或摄像监控装置

DSA 机房墙上设置有观察窗，可有效观察到患者和受检者状态及防护门开闭情况。DSA 机房控制室拟设置对讲装置，方便机房外工作人员与患者交流。

(5) 防护用品

医院拟为本项目 DSA 工作人员配备的辐射防护装置及个人防护用品主要有铅橡胶围裙 6 件、铅橡胶颈套 6 件、铅防护眼镜 6 副、介入防护手套 6 副、个人剂量报警仪 6 台等，医院拟购置的各类防护用品除介入防护手套防护能力不低于 0.025mm 铅当量外，其余防护用品防护能力均不低于 0.5mm 铅当量。本项目 DSA 设备自带铅防护吊帘、床侧防护帘等辅助防护设施。

(6) 人员监护

医院拟为本项目配备 15 名辐射工作人员，应为辐射工作人员配备个人剂量计，定期送检且需做好个人剂量档案管理工作，采用双剂量计监测方法。该医院应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。

(7) 规章制度

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。南京市妇幼保健院需进一步完善现有辐射安全和防护各项规章制度、应急预案等。

(8) 其他辐射安全措施

介入治疗需要长时间的透视和大量的摄片，对患者和医务人员来说辐射剂量较高，因此在评估介入治疗的效应和操作时，其辐射损伤必须加以考虑。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治疗的防护工作：

1) 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。

2) 一般说来，降低患者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，以减少患者和介入人员的剂量。

3) 所有在介入治疗手术室内的工作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。

4) 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。

5) 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, 比如脉冲透视、优化滤线器、除滤线栅、图像处理、低剂量透视等方法。

6) 加强 DSA 设备的质量保证工作, 设备的球管与发生器、透视和数字成像的性能以及其他相关设备应该定期进行检测。

7) 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橡胶围裙、机器自带的铅防护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(铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜及介入防护手套等)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。本项目 DSA 设备自带床侧防护帘、铅防护吊帘及铅悬挂防护屏, 以上组合屏蔽防护措施的设置, 能够有效降低介入手术医务人员的吸收剂量。

四、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, 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(实时监测工作中辐射工作人员所受剂量)、辐射监测(定期对辐射工作场所周边环境进行辐射监测)等仪器。

表 10-4 个人防护用品和辅助防护设置配置符合性

分项		《放射诊断放射防护要求》 (GBZ130-2020) 要求	本项目每间 DSA 机房个人防护用品
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	2 件铅橡胶围裙、2 件铅橡胶围脖、2 顶铅橡胶帽子、2 副铅防护眼镜、2 副介入防护手套
	辅助防护设施	铅悬挂防护屏/铅防护吊帘、床侧防护帘/床侧防护屏 选配: 移动铅防护屏风	铅悬挂防护屏、床侧防护帘
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	1 件铅橡胶围脖、1 顶铅橡胶帽子、1 条铅方巾
	辅助防护设施	/	/

南京市妇幼保健院拟为本项目配备辐射巡测仪 1 台, 个人剂量报警仪 6 台。医院拟为辐射工作人员配备铅橡胶围裙、铅橡胶围脖、铅橡胶帽子、铅防护眼镜(不低于 0.5mm 铅当量)及介入防护手套(不低于 0.025mm 铅当量)等个人防护用品(具体配备情况见表 10-3)。辐射工作人员工作时将佩戴个人剂量计, 开展 DSA 介入治疗的辐

射工作人员采用双剂量计监测方法，以监测累积受照情况。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、废治理

一、废气

DSA 机房空气在 X 射线作用下分解产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，通过排风系统排入大气，臭氧常温下 50 分钟可自行分解为氧气，这部分废气对周围环境影响较小。

二、废水

工作人员和部分患者产生的医疗废水、生活污水，由院内污水处理站统一处理达标后排放至市政管网，对周围环境影响较小。

三、固体废物

DSA 手术过程中产生的棉签、纱布、手套、器具等医疗废物收集后，由医院统一委托有资质单位进行处置。工作人员产生的生活垃圾，分类收集后，将交由城市环卫部门处理，对周围环境影响较小。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目 DSA 机房建设属于南京市妇幼保健院丁家庄院区基础建设的部分工程，施工期阶段环境影响已于《南京市妇幼保健院丁家庄院区建设项目环境影响报告书》详细描述，DSA 机房建设时主要工作为辐射防护工程施工与内饰装潢，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辐射防护工程施工等作业，将产生地面扬尘，另外机械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：设置围挡水喷淋、洒水抑尘、裸土苫盖、渣土车密闭运输、设置洗车平台、沉淀池、大气防控实时监控系统等措施减少施工期对周围大气环境的影响。

2、噪声：整个建筑施工阶段，如辐射防护工程与内饰装潢等施工中都将产生不同程度的噪声，对周围环境造成一定的影响。在施工时严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）的标准，尽量采用噪声低的先进设备，同时严禁夜间进行强噪声作业。

3、固体废物：项目施工期间，会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：有一定量含有泥浆的建筑废水产生，对这些废水进行初级沉淀处理，并经隔渣后排入市政污水管网。

综上所述，项目施工期间对环境存在一定的影响，但是这些影响具有时效性，随着施工期的结束，对环境的影响也消除。医院在施工阶段拟采取上述污染防治措施，将施工期的影响控制在局部区域，对周围环境影响较小。

运行阶段对环境的影响

一、辐射环境影响分析

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

（1）评价标准

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）表 3 规定，主束方向、非有用线束方向屏蔽体的铅当量均应不小于 2.0mmPb。

（2）本项目 DSA 机房各屏蔽部位的铅当量厚度核算

本项目 DSA 的有用线束投射方向为由下至上，即使旋转机头，向上的散射线和漏射线的辐射影响要小于主束向上的影响，所以本项目保守将 DSA 机房顶部作为有用线束投射方向。由表 10-2 可知，本项目 DSA 机房使用的屏蔽材料除铅以外，还涉及顶面（有用线束投射方向）、地面（非有用线束投射方向）的混凝土、硫酸钡水泥。本项目按额定管电压 125kV 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）混凝土的等效铅当量厚度核算

按照 GBZ130-2020 中 C.1.2.b）给出的计算公式进行计算：

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

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 —给定铅厚度的屏蔽投射因子；给定铅厚度的屏蔽投射因子 B 值对照 GBZ130-2020 中 C.1.2.a）相应要求采用给出的计算公式进行计算：

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

式中： B —给定铅厚度的屏蔽透射因子；

α 、 β 、 γ —相应屏蔽物质对相应电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

X —铅厚度。

由 GBZ130-2020 中表 C.2 查取 125kV、100kV、90kV、70kV 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 不同电压工况下 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	备注
125kV（主束）	铅	2.219	7.923	0.5386	额定最大管电压
	混凝土	0.03502	0.07113	0.6974	
100kV（主束）	铅	2.500	15.28	0.7557	运行电压
100kV（散射）	铅	2.507	15.33	0.9124	
90kV（主束/散射）	铅	3.067	18.83	0.7726	
70kV（散射）	铅	5.369	23.49	0.5881	

本项目复合手术室、普通手术室 DSA 机房顶面采用 300mm 混凝土+40mm 硫酸钡水泥，地面采用 300mm 混凝土+40mm 硫酸钡水泥，检查室 DSA 机房顶面采用 240mm

混凝土+40mm 硫酸钡水泥+3mm 铅当量铅板，地面采用 300mm 混凝土+40mm 硫酸钡水泥屏蔽防护材料，根据公式 11-2、11-1 计算 240mm 混凝土、300mm 混凝土屏蔽投射因子 B 、铅当量厚度 X ，计算结果列于表 11-2。

表 11-2 机房混凝土屏蔽投射因子 B 、铅当量厚度 X 计算结果

管电压	屏蔽材料	屏蔽投射因子 B	铅当量厚度 X (mm)
125kV (主束)	240mm	4.58E-05	3.25
	300mm	5.58E-06	4.18

(2) 硫酸钡水泥防护材料的等效铅当量厚度：

本项目 DSA 机房的顶面、地面使用了 40mm 硫酸钡水泥，但 GBZ130-2020 表 C.4~表 C.7 中缺相应数据，需采用以下方法估算相应的等效铅当量厚度：

首先按《辐射防护导论》（方杰著）P88 给出的相应公式估算硫酸钡水泥的等效混凝土厚度：

$$d_1 / d_2 = \rho_2 / \rho_1 \quad \text{公式 11-3}$$

式中： d_1 ——硫酸钡水泥厚度（mm）；

d_2 ——硫酸钡水泥的等效混凝土厚度（mm）；

ρ_1 ——硫酸钡水泥密度，经资料查询，本项目取 3.2g/cm³；

ρ_2 ——混凝土密度，取值 2.35g/cm³。

硫酸钡水泥等效混凝土厚度计算结果列于表 11-3：

表 11-3 相应屏蔽材料的等效混凝土厚度计算结果

材料	密度 (g/cm ³)	混凝土密度 (g/cm ³)	材料厚度 (mm)	等效混凝土厚度 (mm)
硫酸钡水泥	3.2	2.35	40	54.47

根据硫酸钡水泥等效混凝土厚度分别按照公式 11-1、11-2 计算其在 125kV 下屏蔽投射因子 B 、铅当量厚度，计算结果列于表 11-4。

表 11-4 混凝土屏蔽投射因子 B 、铅当量厚度计算结果

管电压	屏蔽材料	屏蔽投射因子 B	铅当量厚度 X (mm)
125kV (主束)	40mm 硫酸钡水泥	4.00E-02	0.59

(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 11-5 本项目复合手术室/普通手术室 DSA 机房屏蔽设计评价结果表

屏蔽体	屏蔽设计	125kV 等效铅当量	标准要求 ¹	评价
四面墙体	方管龙骨+3mm 铅当量铅板	3mm	C 形臂 X 射线设备机房屏蔽防护铅当量厚度要求，有用	满足
顶面	300mm 混凝土	4.77mm		满足

		+40mm 硫酸钡水泥		线束方向铅当量 2.0mm，非有用线束方向铅当量 2.0mm	
地板		300mm 混凝土 +40mm 硫酸钡水泥	4.77mm		满足
防护门		3mm 铅当量铅板	3mm		满足
观察窗		3mm 铅当量铅玻璃	3mm		满足
机房有效面积	门诊医技楼五楼复合手术室 DSA 机房	机房有效使用面积为 58.59m ² ，单边最短长度为 6.30m		单管头 X 射线机机房内最小有效新建面积不小于 20m ² ，单边长度不小于 3.5m。	满足
	门诊医技楼五楼普通手术室 DSA 机房	机房有效使用面积 48.20m ² ，单边最短长度为 5.95m			满足

注：1、屏蔽要求引自《放射诊断放射防护要求》（GB130-2020）表 3。

表 11-6 本项目检查室 DSA 机房屏蔽设计评价结果表

屏蔽体		屏蔽设计	125kV 等效铅当量	标准要求 ¹	评价
四面墙体		方管龙骨+3mm 铅当量铅板	3mm	C 形臂 X 射线设备机房屏蔽防护铅当量厚度要求，有用线束方向铅当量 2.0mm，非有用线束方向铅当量 2.0mm	满足
顶面		240mm 混凝土+40mm 硫酸钡水泥+3mm 铅当量铅板	6.84mm		满足
地板		300mm 混凝土+40mm 硫酸钡水泥	4.77mm		满足
防护门		3mm 铅当量铅板	3mm		满足
观察窗		3mm 铅当量铅玻璃	3mm		满足
机房有效面积	病房楼十五楼检查室 DSA 机房	机房有效使用面积 48.71m ² ，单边最短长度为 6.60m		单管头 X 射线机机房内最小有效新建面积不小于 20m ² ，单边长度不小于 3.5m。	满足

注：1、屏蔽要求引自《放射诊断放射防护要求》（GB130-2020）表 3。

由表 11-5、表 11-6 可知，本项目 DSA 机房有效使用面积、单边最短长度在额定最大管电压 125kV 工况下屏蔽防护措施均满足《放射诊断放射防护要求》（GB130-2020）中 C 形臂 X 射线设备机房的相关要求，即：屏蔽铅当量不少于 2mm，最小单边长度不少于 3.5m，有效使用面积不少于 20m²。因此，本项目 DSA 机房屏蔽防护措施能够满足《放射诊断放射防护要求》（GB130-2020）的要求。

2、DSA 机房的辐射影响预测

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。预测点选取如下：

①门诊医技楼五楼复合手术室 DSA 机房预测点位

1#：DSA 机房东侧防护门外 30cm 处，室内走道；

2#：DSA 机房东侧屏蔽墙外 30cm 处，室内设备间；

- 3#: DSA 机房东侧屏蔽墙外 30cm 处, 室内操作室;
- 4#: DSA 机房东侧外观察窗 30cm 处, 室内操作室;
- 5#: DSA 机房南侧屏蔽墙外 30cm 处, 室内走道;
- 6#: DSA 机房南侧防护门外 30cm 处, 室内走道;
- 7#: DSA 机房西侧屏蔽墙外 30cm 处, 室内医生前室;
- 8#: DSA 机房西侧屏蔽墙外 30cm 处, 室内病人前室;
- 9#: DSA 机房西侧屏蔽墙外 30cm 处, 室内手术室;
- 10#: DSA 机房北侧屏蔽墙外 30cm 处, 室内预处理间;
- 11#: DSA 机房北侧屏蔽墙外 30cm 处, 室内负压污物打包间;
- 12#: DSA 机房楼上地面 30cm 处, 室内机房;
- 13#: DSA 机房楼下地面 1.7m, 室内透视区;

②门诊医技楼五楼普通手术室 DSA 机房预测点

- 1#: DSA 机房东侧屏蔽墙外 30cm 处, 室内设备间;
- 2#: DSA 机房东侧屏蔽墙外 30cm 处, 室内胃肠镜手术室;
- 3#: DSA 机房南侧观察窗外 30cm 处, 室内控制室;
- 4#: DSA 机房南侧屏蔽墙外 30cm 处, 室内走道;
- 5#: DSA 机房西侧屏蔽墙外 30cm 处, 室内普通手术室;
- 6#: DSA 机房北侧屏蔽墙外 30cm 处, 室内走道;
- 7#: DSA 机房北侧防护门外 30cm 处, 室内走道
- 8#: DSA 机房楼上地面 30cm 处, 室内实验分析室;
- 9#: DSA 机房楼下地面 1.7m, 室内诊室;

③病房楼十五楼检查室 DSA 机房预测点

- 1#: DSA 机房东侧防护门外 30cm 处, 室内设备间;
- 2#: DSA 机房东侧屏蔽墙外 30cm 处, 室内设备间;
- 3#: DSA 机房东侧防护门外 30cm 处, 室内污物间;
- 4#: DSA 机房东侧屏蔽墙外 30cm 处, 室内污物间;
- 5#: DSA 机房南侧屏蔽墙外 30cm 处, 室内走道;
- 6#: DSA 机房南侧防护门外 30cm 处, 室内走道;
- 7#: DSA 机房西侧防护门外 30cm 处, 室内操作间;

8#: DSA 机房西侧观察窗外 30cm 处，室内操作间；

9#: DSA 机房楼上地面 30cm，室内设备机房；

10#: DSA 机房楼下地面 1.7m，室内病房。

本项目 DSA 机房内辐射源点至机房各侧屏蔽体的距离见图 11-1-图 11-3，机房内辐射源点至机房外关注点的距离见表 11-6。

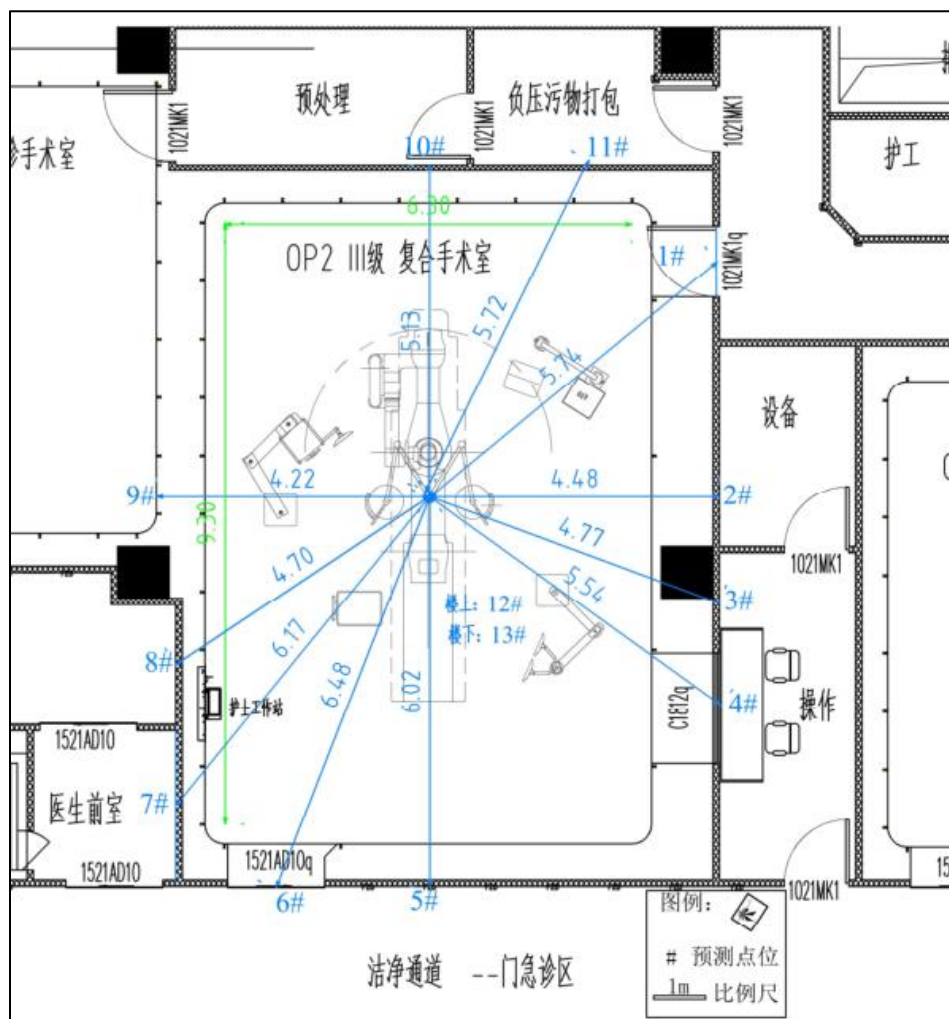


图 11-1 本项目门诊医技楼五楼复合手术室 DSA 机房辐射源至机房各屏蔽体的距离图

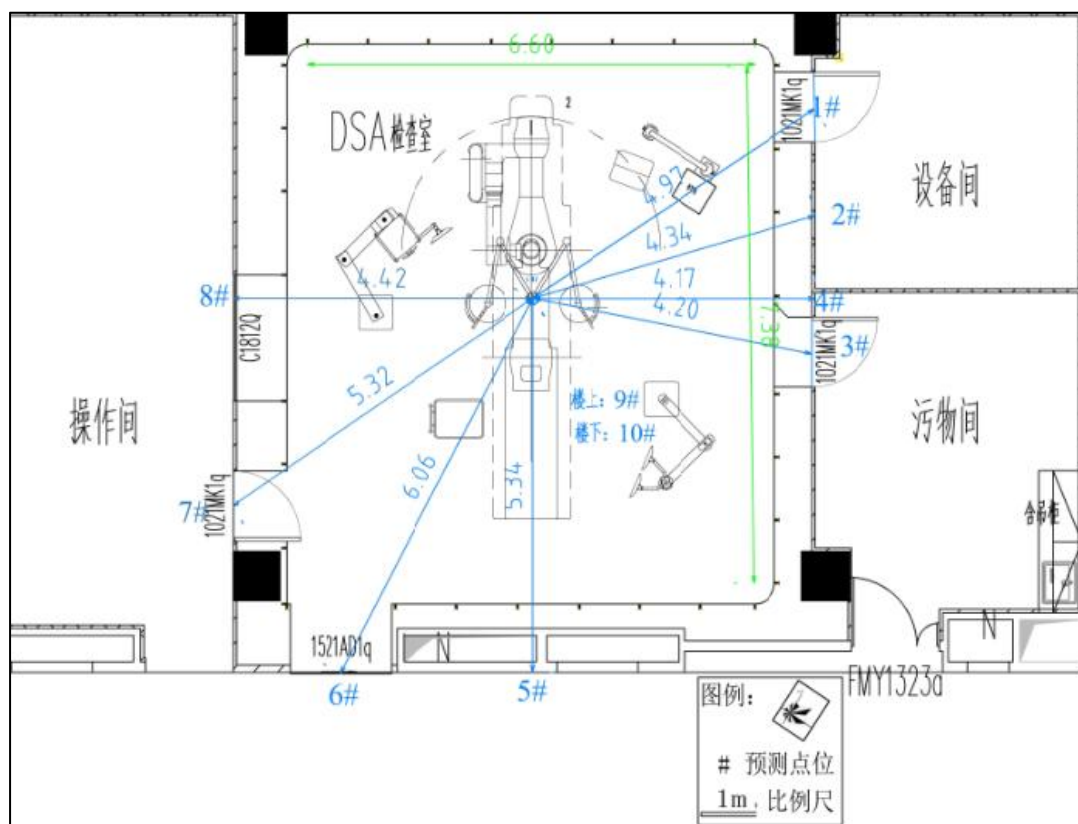
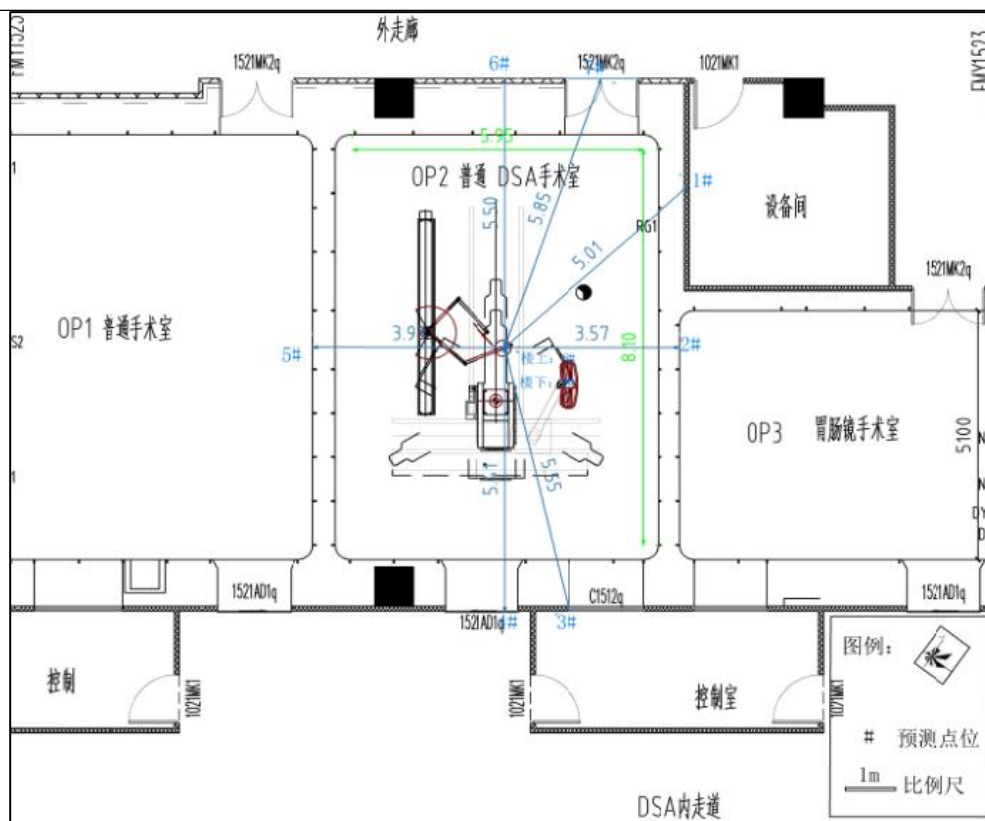


表 11-7 本项目 DSA 机房内辐射源点与机房外关注点的距离

机房	点位	关注点位置	辐射源点至关注点距离 d (m)
门诊医技楼五楼复合手术室 DSA 机房外	1#	机房东侧防护门外 30cm 处 (走道)	6.04
	2#	机房东侧屏蔽墙外 30cm 处 (设备间)	4.78
	3#	机房东侧观察窗外 30cm 处 (操作室)	5.07
	4#	机房东侧屏蔽墙外 30cm 处 (操作室)	5.84
	5#	机房南侧屏蔽墙外 30cm 处 (走道)	6.32
	6#	机房南侧防护门外 30cm 处 (走道)	6.78
	7#	机房西侧屏蔽墙外 30cm 处 (医生前室)	6.47
	8#	机房西侧屏蔽墙外 30cm 处 (病人前室)	5.00
	9#	机房西侧屏蔽墙外 30cm 处 (预处理间)	4.52
	10#	机房北侧屏蔽墙外 30cm 处 (预处理间)	5.43
	11#	机房北侧屏蔽墙外 30cm 处 (负压污物打包间)	6.02
	12#	机房楼上地面 30cm 处 (机房、走道、露天平台)	4.80
	13#	机房楼下地面 1.7m (透视区)	2.80
门诊医技楼五楼复合手术室 DSA 机房内	/	第一术者位置	0.50
	/	第二术者位置	0.78
门诊医技楼五楼普通手术室 DSA 机房外	1#	机房东侧屏蔽墙外 30cm 处 (设备间)	5.31
	2#	机房东侧屏蔽墙外 30cm 处 (胃肠镜手术室)	3.87
	3#	机房南侧观察窗外 30cm 处 (控制室)	5.85
	4#	机房南侧屏蔽墙外 30cm 处 (走道)	5.71
	5#	机房西侧屏蔽墙外 30cm 处 (普通手术室)	4.23
	6#	机房北侧屏蔽墙外 30cm 处 (走道)	5.80
	7#	机房北侧防护门外 30cm 处 (走道)	6.15
	8#	机房楼上地面 30cm 处 (实验分析室)	4.80
	9#	机房楼下地面 1.7m (诊室)	2.80
门诊医技楼五楼普通手术室 DSA 机房内	/	第一术者位置	0.50
	/	第二术者位置	0.78
病房楼十五楼检查室 DSA 机房外	1#	机房东侧防护门外 30cm 处 (设备间)	5.27
	2#	机房东侧屏蔽墙外 30cm 处 (设备间)	4.64
	3#	机房东侧防护门外 30cm 处 (污物间)	4.50
	4#	机房东侧屏蔽墙外 30cm 处 (污物间)	4.47
	5#	机房南侧屏蔽墙外 30cm 处 (走道)	5.64
	6#	机房南侧防护门外 30cm 处 (走道)	6.36
	7#	机房西侧防护门外 30cm 处 (操作间)	5.62
	8#	机房西侧观察窗外 30cm 处 (操作间)	4.72
	9#	机房楼上地面 30cm 处 (设备机房)	4.80
	10#	机房楼下地面 1.7m (病房)	2.80
病房楼十五楼检查室 DSA 机房内	/	第一术者位置	0.50
	/	第二术者位置	0.78

备注：楼层间距为 4.5m；关注点距离不考虑顶板、地板的厚度。

本项目 DSA 的辐射影响情况见表 11-8。

表 11-8 本项目 DSA 的辐射影响情况

操作模式	运行时最大工况	辐射影响对象
拍片模式	100kV/700mA	机房外公众、控制室操作人员
透视模式	90kV/20mA	机房外公众、控制室操作人员、机房内介入治疗操作人员

(1) 关注点处有用线束辐射影响预测

由《辐射防护手册（第一分册）》（李德平 潘自强著）给出的X射线机散射线在关注点的周比释动能计算公式（公式 10.8）进行推导，得到有用线束在关注点处的辐射剂量率 H 的计算公式（推导中，将原公式中的使用因子、居留因子均取为 1）继而在式中增加“有效剂量与空气比释动能转换系数”修正因子，得到有用线束有效剂量计算公式：

$$H = \frac{H_0 \cdot I \cdot B}{d^2} \cdot K \quad \text{公式 11-4}$$

式中： H —关注点处有用线束有效剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

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）， $\text{mGy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ；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，按本项目拍片使用的最大管电压为 100kV、透视使用的最大管电压为 90 kV，过滤片为 2.5mmAl 的条件查得 H_0 为 $7.8\text{mGy} \cdot \text{m}^2 / \text{mA} \cdot \text{min}$ （即为 $468000\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ）、 $6\text{mGy} \cdot \text{m}^2 / \text{mA} \cdot \text{min}$ （即为 $360000\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ）；

I —管电流，mA；本项目透视、拍片模式下正常使用的最大管电流分取 20mA、700mA；

d —关注点至 X 射线源的距离；

B —屏蔽材料对散射线的透射因子，无量纲，计算公式见公式 11-2；

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/T144-2002）表 B2，对于本项目 DSA 运行时常用最大管电压 90kV， K 值取 1.67，最大管电压为 100kV， K 值取 1.69。

鉴于本项目 DSA 运行时最大管电压为 100kV、90kV，从《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）表 C.2 中查取铅 100kV、90kV 管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数 α 、 β 、 γ 数值，见表 11-1。

将前述有关参数代入公式 11-4，计算三个机房上方关注点处有用线束辐射影响水平，计算结果见表 11-9。

表 11-9 DSA 机房楼上关注点有用线束辐射剂量率的计算结果

关注点位置		操作模式	H_0 ($\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2/$ ($\text{mA}\cdot\text{h}$))	I (mA)	B	d (m)	H ($\mu\text{Sv/h}$)
复合手术室	12#—楼上 (机房)	透视模式	360000	20	3.48E-08	4.80	1.82E-02
		拍片模式	468000	700	4.94E-07		11.87
普通手术室	8#—楼上 (实验分析室)	透视模式	360000	20	3.48E-08		1.82E-02
		拍片模式	468000	700	4.94E-07		11.87
检查室	9#—楼上 (设备机房)	透视模式	360000	20	6.09E-11		3.18E-05
		拍片模式	468000	700	2.79E-09		6.71E-02

备注：机房上方关注点位于距楼上地面 30cm 处。

(2) DSA 非有用线束得到辐射影响预测

1) 关注点处散射辐射水平计算

由《辐射防护手册（第一分册）》（李德平、潘自强著）给出的 X 射线机散射线在关注点的周比释动能计算公式（公式 10.10）进行推导，得到散射线在关注点处的比释动能率 H_s 的计算公式（推导中，将原公式中的使用因子、居留因子均取为 1），继而在公式中增加“有效剂量与空气比释动能转换系数”修正因子，得到散射辐射有效剂量率计算公式：

$$H_s = \frac{H_0 \cdot I \cdot a(s/400) \cdot B_s \cdot K}{d_0^2 \cdot d_s^2} \quad \text{公式 5}$$

式中： H_s -关注点散射辐射有效剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

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）， $\text{mGy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ，本项目拍片使用的最大管电压为 100kV， H_0 为 $7.8\text{mGy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$ （即为 $468000\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ），透视使用的最大管电压为 90 kV， H_0 为 $6\text{mGy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$ （即为 $360000\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ）；

I —管电流，mA；本项目透视、拍片模式下正常使用的最大管电流分取 20mA、700mA；

α —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 100kV、90kV，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 中查取散射角 90° 时 100kV 对应的 α 值为 0.0013，采用内插法查取散射角 90° 时 90kV 对应的 α 值为 0.0008（该取值适用于机房四侧关注点相应预测计算）；对于散射线向机房底面投射的情况，

因《辐射防护手册（第一分册）》表 10.1 中无散射角 180° 的数据，表中所列散射角中以 135° 最接近 180° ，故从该表中散射角为 135° 、管电压为 100kV、90kV 对应的 a 值为 0.0022、0.0016（该取值适用于机房底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，本项目常用最大照射面积取 $16 \times 16 = 256 \text{cm}^2$ ；

d_0 —源至受照点的距离，根据设备参数确定，本项目 d_0 取最小值 0.45m（符合 ICRP33 号报告第 98 段关于使用固定式 X 线透视检查设备的焦皮距的要求）；

d_s —受照体至关注点的距离，本项目受照体至关注点的距离列于表 11-6；

B_s —屏蔽材料对散射线的透射因子，无量纲，计算公式按 11-2。此处散射线是指本项目拍片最大常用管电压（100kV，即 0.1MV）和透视最大常用电压（90kV，即 0.09MV）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 $\theta=90^\circ$ ）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 $E/E_0 = 1/[1 + E_0 (1 - \cos\theta) / 0.511]$ ，100kV 时 $E/E_0 = 1/[1 + 0.1 (1 - \cos 90^\circ) / 0.511] = 0.836$ ，继而计算一次散射线能量 E 对应的 kV 值为 $100 \text{kV} \times 0.836 = 83.6 \text{kV}$ 。90kV 时 $E/E_0 = 1/[1 + 0.09 (1 - \cos 90^\circ) / 0.511] = 0.850$ ，继而计算一次散射线能量 E 对应的 kV 值为 $90 \text{kV} \times 0.865 = 76.5 \text{kV}$ ，分别按 90kV、70kV 管电压从《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）表 C.2 查铅的 X 射线辐射衰减有关的拟合参数 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见表 11-10。

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，按前述 100kV 时 90° 方向一次散射线能量对应的 kV 值为 90kV， K 值取 1.68；90kV 时 90° 方向一次散射线能量对应的 kV 值为 70kV， K 值取 1.60。

表 11-10 屏蔽投射因子 B_s 、铅当量厚度 X 计算结果

管电压	屏蔽投射因子 B_s	铅当量厚度 X (mm)
90kV（散射）	3.48E-08	4.77
	7.93E-06	3
	4.08E-03	1
	2.52E-02	0.5
70kV（散射）	4.32E-13	4.77
	5.79E-09	3
	2.83E-04	1
	5.34E-03	0.5

将前述有关参数代入公式 11-5，计算 DSA 透视模式最大工况管电压 90kV、拍片模式最大工况管电压 100kV 运行下，机房外公众、操作台操作人员、机房内介入操作

人员处散射辐射剂量率，计算结果见表 11-11～表 11-13。

表 11-11 本项目门诊医技楼五楼复合手术室 DSA 机房最大工况运行时机房关注点处散射辐射剂量率计算结果

关注点位置		操作模式	H_0 ($\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	α	I (mA)	X (m)	B_s	d_0 (m)	d_s (m)	H_s ($\mu\text{Sv/h}$)
东侧防护门外 30cm 处 (1#)		透视	360000	0.0008	20	3	5.79E-09	0.45	6.04	4.63E-06
		拍片	468000	0.0013	700		7.93E-06			4.92E-01
东侧屏蔽墙外 30cm 处 (2#)		透视	360000	0.0008	20	3	5.79E-09	0.45	4.78	7.39E-06
		拍片	468000	0.0013	700		7.93E-06			7.85E-01
东侧屏蔽墙外 30cm 处 (3#)		透视	360000	0.0008	20	3	5.79E-09	0.45	5.07	6.56E-06
		拍片	468000	0.0013	700		7.93E-06			6.98E-01
东侧观察窗外 30cm 处 (4#)		透视	360000	0.0008	20	3	5.79E-09	0.45	5.84	4.95E-06
		拍片	468000	0.0013	700		7.93E-06			5.26E-01
南侧屏蔽墙外 30cm 处 (5#)		透视	360000	0.0008	20	3	5.79E-09	0.45	6.32	4.22E-06
		拍片	468000	0.0013	700		7.93E-06			4.49E-01
南侧防护门外 30cm 处 (6#)		透视	360000	0.0008	20	3	5.79E-09	0.45	6.78	3.67E-06
		拍片	468000	0.0013	700		7.93E-06			3.90E-01
西侧屏蔽墙外 30cm 处 (7#)		透视	360000	0.0008	20	3	5.79E-09	0.45	6.47	4.03E-06
		拍片	468000	0.0013	700		7.93E-06			4.29E-01
西侧屏蔽墙外 30cm 处 (8#)		透视	360000	0.0008	20	3	5.79E-09	0.45	5.00	6.75E-06
		拍片	468000	0.0013	700		7.93E-06			7.18E-01
西侧屏蔽墙外 30cm 处 (9#)		透视	360000	0.0008	20	3	5.79E-09	0.45	4.52	8.26E-06
		拍片	468000	0.0013	700		7.93E-06			8.78E-01
北侧屏蔽墙外 30cm 处 (10#)		透视	360000	0.0008	20	3	5.79E-09	0.45	5.43	5.72E-06
		拍片	468000	0.0013	700		7.93E-06			6.09E-01
北侧屏蔽墙外 30cm 处 (11#)		透视	360000	0.0008	20	3	5.79E-09	0.45	6.02	4.66E-06
		拍片	468000	0.0013	700		7.93E-06			4.95E-01
机房楼下地面 1.7m (13#)		透视	360000	0.0016	20	4.77	4.32E-13	0.45	2.80	3.21E-09
		拍片	468000	0.0022	700		3.48E-08			1.70E-02
第一术者	铅帘+铅衣	透视	360000	0.0008	20	1	2.83E-04	0.45	0.50	33.01
	铅帘	透视				0.5	5.34E-03			622.66
第二术者	铅帘+铅衣	透视	360000	0.0008	20	1	2.83E-04	0.45	0.78	13.57

	铅帘	透视				0.5	5.34E-03		255.86
表 11-12 本项目门诊医技楼五楼普通手术室 DSA 机房最大工况运行时机房关注点处散射辐射剂量率计算结果									
关注点位置	操作模式	H_0 ($\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	α	I (mA)	X (m)	B_s	$d_0(\text{m})$	$d_s(\text{m})$	H_s ($\mu\text{Sv/h}$)
东侧屏蔽墙外 30cm 处 (1#)	透视	360000	0.0008	20	3	5.79E-09	0.45	5.31	5.98E-06
	拍片	468000	0.0013	700		7.93E-06			6.36E-01
东侧屏蔽墙外 30cm 处 (2#)	透视	360000	0.0008	20	3	5.79E-09	0.45	3.87	1.13E-05
	拍片	468000	0.0013	700		7.93E-06			1.20E+00
南侧观察窗外 30cm (3#)	透视	360000	0.0008	20	3	5.79E-09	0.45	5.85	4.93E-06
	拍片	468000	0.0013	700		7.93E-06			5.24E-01
南侧屏蔽墙外 30cm 处 (4#)	透视	360000	0.0008	20	3	5.79E-09	0.45	5.71	5.18E-06
	拍片	468000	0.0013	700		7.93E-06			5.50E-01
西侧屏蔽墙外 30cm 处 (5#)	透视	360000	0.0008	20	3	5.79E-09	0.45	4.23	9.43E-06
	拍片	468000	0.0013	700		7.93E-06			1.00E+00
北侧屏蔽墙外 30cm 处 (6#)	透视	360000	0.0008	20	3	5.79E-09	0.45	5.80	5.02E-06
	拍片	468000	0.0013	700		7.93E-06			5.33E-01
北侧防护门外 30cm 处 (7#)	透视	360000	0.0008	20	3	5.79E-09	0.45	6.15	4.46E-06
	拍片	468000	0.0013	700		7.93E-06			4.74E-01
机房楼下地面 1.7m (9#)	透视	360000	0.0016	20	4.77	4.32E-13	0.45	2.80	3.21E-09
	拍片	468000	0.0022	700		3.48E-08			1.70E-02
第一术者	铅帘+铅衣	360000	0.0008	20	1	2.83E-04	0.45	0.50	33.01
	铅帘				0.5	5.34E-03			622.66
第二术者	铅帘+铅衣	360000	0.0008	20	1	2.83E-04	0.45	0.78	13.57
	铅帘				0.5	5.34E-03			255.86

表 11-13 本项目病房楼十五楼检查室 DSA 机房最大工况运行时机房关注点处散射辐射剂量率计算结果

关注点位置	操作模式	H_0 ($\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	α	I (mA)	X (m)	B_s	$d_0(\text{m})$	$d_s(\text{m})$	H_s ($\mu\text{Sv/h}$)
东侧防护门外 30cm 处 (1#)	透视	360000	0.0008	20	3	5.79E-09	0.45	5.27	6.08E-06
	拍片	468000	0.0013	700		7.93E-06			6.46E-01
东侧屏蔽墙外 30cm 处 (2#)	透视	360000	0.0008	20	3	5.79E-09	0.45	4.64	7.84E-06
	拍片	468000	0.0013	700		7.93E-06			8.33E-01
东侧防护门外 30cm 处 (3#)	透视	360000	0.0008	20	3	5.79E-09	0.45	4.50	8.33E-06
	拍片	468000	0.0013	700		7.93E-06			8.86E-01
东侧屏蔽墙外 30cm 处 (4#)	透视	360000	0.0008	20	3	5.79E-09	0.45	4.47	8.45E-06
	拍片	468000	0.0013	700		7.93E-06			8.98E-01
南侧屏蔽墙外 30cm 处 (5#)	透视	360000	0.0008	20	3	5.79E-09	0.45	5.64	5.30E-06
	拍片	468000	0.0013	700		7.93E-06			5.64E-01
南侧防护门外	透视	360000	0.0008	20	3	5.79E-09	0.45	6.36	4.17E-06

30cm 处（6#）	拍片	468000	0.0013	700		7.93E-06			4.44E-01
西侧防护门外	透视	360000	0.0008	20	3	5.79E-09	0.45	5.62	5.34E-06
30cm 处（7#）	拍片	468000	0.0013	700		7.93E-06			5.68E-01
西侧观察窗外	透视	360000	0.0008	20	3	5.79E-09	0.45	4.72	7.57E-06
30cm 处（8#）	拍片	468000	0.0013	700		7.93E-06			8.05E-01
机房楼下地面 1.7m（10#）	透视	360000	0.0016	20	4.77	4.32E-13	0.45	2.80	3.21E-09
	拍片	468000	0.0022	700		3.48E-08			1.70E-02
第一术者	铅帘+铅衣	360000	0.0013	20	1	2.83E-04	0.45	0.50	33.01
	铅帘				0.5	5.34E-03			622.66
第二术者	铅帘+铅衣	360000	0.0013	20	1	2.83E-04	0.45	0.78	13.57
	铅帘				0.5	5.34E-03			255.86

2) 关注点处泄漏辐射水平计算

泄漏辐射剂量率 H_L 采用下式计算：

$$H_L = \frac{H_i \cdot B}{R^2} \cdot K \quad \text{公式 11-6}$$

式中： H_L -关注点处泄漏辐射有效剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

H_i -距靶 1m 处泄漏射线的空气比释动能率， mGy/h ；本项目 1m 处泄漏射线的空气比释动能率取 0.876mGy/h 。

B —机房各屏蔽体的泄漏射线屏蔽透射因子，本项目 DSA 机房四周屏蔽墙及地面屏蔽体的铅当量厚度 X （表 11-5）及表 11-1 中的 α 、 β 、 γ 值代入公式 11-2，计算透视、拍片最大工况管电压 90kV、100kV 对应的屏蔽透射因子 B 值，见表 11-14。

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，对于本项目 DSA 运行时最大管电压 90kV， K 值取 1.67，最大管电压 100kV， K 值取 1.69。

R —关注点至源点的距离，m；

表 11-14 屏蔽投射因子 B 、铅当量厚度 X 计算结果

管电压	屏蔽投射因子 B	铅当量厚度 X (mm)
100kV（散射）	7.46E-07	4.77
	6.31E-05	3
	1.05E-02	1
	4.72E-02	0.5
90kV（散射）	3.48E-08	4.77
	7.93E-06	3
	4.08E-03	1
	2.52E-02	0.5

将有关参数代入公式 11-6，计算 DSA 透视模式下最大工况管电压 90kV、拍片模

式下最大工况管电压 100kV 运行下，机房外公众、操作台操作人员、机房内介入操作人员处散射辐射剂量率，计算结果见表 11-15～表 11-17。

表 11-15 本项目门诊医技楼五楼复合手术室 DSA 机房最大工况运行时机房关注点处泄漏辐射剂量率计算结果

关注点位置	操作模式	H_i (mGy/h)	X (mm)	$r(m)$	B	K	$H_L(\mu\text{Sv/h})$
东侧防护门外 30cm 处 (1#)	透视	0.876	3	6.04	7.93E-06	1.67	3.18E-04
	拍片	0.876			6.31E-05	1.69	2.56E-03
东侧屏蔽墙外 30cm 处 (2#)	透视	0.876	3	4.78	7.93E-06	1.67	5.08E-04
	拍片	0.876			6.31E-05	1.69	4.09E-03
东侧屏蔽墙外 30cm 处 (3#)	透视	0.876	3	5.07	7.93E-06	1.67	4.52E-04
	拍片	0.876			6.31E-05	1.69	3.63E-03
东侧观察窗外 30cm 处 (4#)	透视	0.876	3	5.84	7.93E-06	1.67	3.40E-04
	拍片	0.876			6.31E-05	1.69	2.74E-03
南侧屏蔽墙外 30cm 处 (5#)	透视	0.876	3	6.32	7.93E-06	1.67	2.91E-04
	拍片	0.876			6.31E-05	1.69	2.34E-03
南侧防护门外 30cm 处 (6#)	透视	0.876	3	6.78	7.93E-06	1.67	2.53E-04
	拍片	0.876			6.31E-05	1.69	2.03E-03
西侧屏蔽墙外 30cm 处 (7#)	透视	0.876	3	6.47	7.93E-06	1.67	2.77E-04
	拍片	0.876			6.31E-05	1.69	2.23E-03
西侧屏蔽墙外 30cm 处 (8#)	透视	0.876	3	5.00	7.93E-06	1.67	4.64E-04
	拍片	0.876			6.31E-05	1.69	3.74E-03
西侧屏蔽墙外 30cm 处 (9#)	透视	0.876	3	4.52	7.93E-06	1.67	5.68E-04
	拍片	0.876			6.31E-05	1.69	4.57E-03
北侧屏蔽墙外 30cm 处 (10#)	透视	0.876	3	5.43	7.93E-06	1.67	3.94E-04
	拍片	0.876			6.31E-05	1.69	3.17E-03
北侧屏蔽墙外 30cm 处 (11#)	透视	0.876	3	6.02	7.93E-06	1.67	3.20E-04
	拍片	0.876			6.31E-05	1.69	2.58E-03
机房楼下地面 1.7m (13#)	透视	0.876	4.77	2.80	3.48E-08	1.67	6.49E-06
	拍片	0.876			7.46E-07	1.69	1.41E-04
第一术者	铅衣内	0.876	1	0.5	4.08E-03	1.67	23.85
	铅衣外	0.876	0.5		2.52E-02	1.67	147.19
第二术者	铅衣内	0.876	1	0.78	4.08E-03	1.67	9.80
	铅衣外	0.876	0.5		2.52E-02	1.67	60.48

表 11-16 本项目门诊医技楼五楼普通手术室 DSA 机房最大工况运行时机房关注点处泄漏辐射剂量率计算结果

关注点位置	操作模式	H_i (mGy/h)	X (mm)	$r(m)$	B	K	$H_L(\mu\text{Sv/h})$
东侧屏蔽墙外 30cm 处 (1#)	透视	0.876	3	5.31	7.93E-06	1.67	4.12E-04
	拍片	0.876			6.31E-05	1.69	3.31E-03
东侧屏蔽墙外 30cm 处 (2#)	透视	0.876	3	3.87	7.93E-06	1.67	7.75E-04
	拍片	0.876			6.31E-05	1.69	6.24E-03
南侧观察窗外 30cm (3#)	透视	0.876	3	5.85	7.93E-06	1.67	3.39E-04
	拍片	0.876			6.31E-05	1.69	2.73E-03

南侧屏蔽墙外 30cm 处 (4#)	透视	0.876	3	5.71	7.93E-06	1.67	3.56E-04
	拍片	0.876			6.31E-05	1.69	2.87E-03
西侧屏蔽墙外 30cm 处 (5#)	透视	0.876	3	4.23	7.93E-06	1.67	6.49E-04
	拍片	0.876			6.31E-05	1.69	5.22E-03
北侧屏蔽墙外 30cm 处 (6#)	透视	0.876	3	5.80	7.93E-06	1.67	3.45E-04
	拍片	0.876			6.31E-05	1.69	2.78E-03
北侧防护门外 30cm 处 (7#)	透视	0.876	3	6.15	7.93E-06	1.67	3.07E-04
	拍片	0.876			6.31E-05	1.69	2.47E-03
机房楼下地面 1.7m (9#)	透视	0.876	4.77	2.80	3.48E-08	1.67	6.49E-06
	拍片	0.876			7.46E-07	1.69	1.41E-04
第一术 者	铅衣内	透视	1	0.50	4.08E-03	1.67	23.85
	铅衣外	透视	0.5		2.52E-02	1.67	147.19
第二术 者	铅衣内	透视	1	0.78	4.08E-03	1.67	9.80
	铅衣外	透视	0.5		2.52E-02	1.67	60.48

表 11-17 本项目病房楼十五楼检查室 DSA 机房最大工况运行时机房关注点处泄漏辐射剂量率计算结果

关注点位置	操作模式	H_i (mGy/h)	X (mm)	$r(m)$	B	K	$H_L(\mu\text{Sv/h})$
东侧防护门外 30cm 处 (1#)	透视	0.876	3	5.27	7.93E-06	1.67	4.18E-04
	拍片	0.876			6.31E-05	1.69	3.36E-03
东侧屏蔽墙外 30cm 处 (2#)	透视	0.876	3	4.64	7.93E-06	1.67	5.39E-04
	拍片	0.876			6.31E-05	1.69	4.34E-03
东侧防护门外 30cm 处 (3#)	透视	0.876	3	4.50	7.93E-06	1.67	5.73E-04
	拍片	0.876			6.31E-05	1.69	4.61E-03
东侧屏蔽墙外 30cm 处 (4#)	透视	0.876	3	4.47	7.93E-06	1.67	5.81E-04
	拍片	0.876			6.31E-05	1.69	4.68E-03
南侧屏蔽墙外 30cm 处 (5#)	透视	0.876	3	5.64	7.93E-06	1.67	3.65E-04
	拍片	0.876			6.31E-05	1.69	2.94E-03
南侧防护门外 30cm 处 (6#)	透视	0.876	3	6.36	7.93E-06	1.67	2.87E-04
	拍片	0.876			6.31E-05	1.69	2.31E-03
西侧防护门外 30cm 处 (7#)	透视	0.876	3	5.62	7.93E-06	1.67	3.68E-04
	拍片	0.876			6.31E-05	1.69	2.96E-03
西侧观察窗外 30cm 处 (8#)	透视	0.876	3	4.72	7.93E-06	1.67	5.21E-04
	拍片	0.876			6.31E-05	1.69	4.19E-03
机房楼下地面 1.7m (10#)	透视	0.876	4.77	2.80	3.48E-08	1.67	6.49E-06
	拍片	0.876			7.46E-07	1.69	1.41E-04
第一术 者	铅衣内	透视	1	0.50	4.08E-03	1.67	23.85
	铅衣外	透视	0.5		2.52E-02	1.67	147.19
第二术 者	铅衣内	透视	1	0.78	4.08E-03	1.67	9.80
	铅衣外	透视	0.5		2.52E-02	1.67	60.48

(4) 关注点处预测计算结果汇总

综上所述, DSA 机房关注点处的辐射剂量理论估算结果汇总见表 11-18~表 11-20。

表 11-18 本项目门诊医技楼五楼复合手术室 DSA 机房最大工况运行时机房关注点处辐射剂量率计算结果

关注点位置		操作模式	X 射线辐射剂量率 $\mu\text{Sv/h}$			
			主射线	散射线	漏射线	合计
东侧防护门外 30cm 处 (1#)	透视	/		4.63E-06	3.18E-04	3.23E-04
	拍片	/		4.92E-01	2.56E-03	4.94E-01
东侧屏蔽墙外 30cm 处 (2#)	透视	/		7.39E-06	5.08E-04	5.15E-04
	拍片	/		7.85E-01	4.09E-03	7.89E-01
东侧屏蔽墙外 30cm 处 (3#)	透视	/		6.56E-06	4.52E-04	4.58E-04
	拍片	/		6.98E-01	3.63E-03	7.02E-01
东侧观察窗外 30cm 处 (4#)	透视	/		4.95E-06	3.40E-04	3.45E-04
	拍片	/		5.26E-01	2.74E-03	5.29E-01
南侧屏蔽墙外 30cm 处 (5#)	透视	/		4.22E-06	2.91E-04	2.95E-04
	拍片	/		4.49E-01	2.34E-03	4.52E-01
南侧防护门外 30cm 处 (6#)	透视	/		3.67E-06	2.53E-04	2.56E-04
	拍片	/		3.90E-01	2.03E-03	3.92E-01
西侧屏蔽墙外 30cm 处 (7#)	透视	/		4.03E-06	2.77E-04	2.81E-04
	拍片	/		4.29E-01	2.23E-03	4.31E-01
西侧屏蔽墙外 30cm 处 (8#)	透视	/		6.75E-06	4.64E-04	4.71E-04
	拍片	/		7.18E-01	3.74E-03	7.21E-01
西侧屏蔽墙外 30cm 处 (9#)	透视	/		8.26E-06	5.68E-04	5.76E-04
	拍片	/		8.78E-01	4.57E-03	8.83E-01
北侧屏蔽墙外 30cm 处 (10#)	透视	/		5.72E-06	3.94E-04	3.99E-04
	拍片	/		6.09E-01	3.17E-03	6.12E-01
北侧屏蔽墙外 30cm 处 (11#)	透视	/		4.66E-06	3.20E-04	3.25E-04
	拍片	/		4.95E-01	2.58E-03	4.98E-01
机房楼上地面 30cm 处 (12#)	透视	1.82E-02	/	/	/	1.82E-02
	拍片	11.87	/	/	/	11.87
机房楼下地面 1.7m (13#)	透视	/		3.21E-09	6.49E-06	6.50E-06
	拍片	/		1.70E-02	1.41E-04	1.71E-02
第一术者	铅衣内	透视	/	33.01	23.85	56.86
	铅衣外	透视	/	622.66	147.19	769.85
第二术者	铅衣内	透视	/	13.57	9.80	23.37
	铅衣外	透视	/	255.86	60.48	316.34

表 11-19 本项目门诊医技楼五楼普通手术室 DSA 机房最大工况运行时机房关注点处辐射剂量率计算结果

关注点位置		操作模式	X 射线辐射剂量率 $\mu\text{Sv/h}$			
			主射线	散射线	漏射线	合计
东侧屏蔽墙外 30cm 处 (1#)	透视	/		5.98E-06	4.12E-04	4.18E-04
	拍片	/		6.36E-01	3.31E-03	6.40E-01
东侧屏蔽墙外 30cm 处 (2#)	透视	/		1.13E-05	7.75E-04	7.86E-04
	拍片	/		1.20E+00	6.24E-03	1.20E+00
南侧观察窗外 30cm (3#)	透视	/		4.93E-06	3.39E-04	3.44E-04
	拍片	/		5.24E-01	2.73E-03	5.27E-01
南侧屏蔽墙外 30cm 处 (4#)	透视	/		5.18E-06	3.56E-04	3.61E-04
	拍片	/		5.50E-01	2.87E-03	5.53E-01
西侧屏蔽墙外	透视	/		9.43E-06	6.49E-04	6.58E-04

30cm 处（5#）	拍片	/	1.00E+00	5.22E-03	1.01E+00
北侧屏蔽墙外	透视	/	5.02E-06	3.45E-04	3.50E-04
30cm 处（6#）	拍片	/	5.33E-01	2.78E-03	5.36E-01
北侧防护门外	透视	/	4.46E-06	3.07E-04	3.11E-04
30cm 处（7#）	拍片	/	4.74E-01	2.47E-03	4.77E-01
机房楼上地面	透视	1.82E-02	/	/	1.82E-02
30cm 处（8#）	拍片	11.87	/	/	11.87
机房楼下地面	透视	/	3.21E-09	6.49E-06	6.50E-06
1.7m（9#）	拍片	/	1.70E-02	1.41E-04	1.71E-02
第一术者	铅衣内	透视	/	33.01	23.85
	铅衣外	透视	/	622.66	147.19
第二术者	铅衣内	透视	/	13.57	9.80
	铅衣外	透视	/	255.86	60.48

表 11-20 本项目病房楼十五楼检查室 DSA 机房最大工况运行时机房关注点处辐射剂量率计算结果

关注点位置	操作模式	X 射线辐射剂量率 $\mu\text{Sv/h}$			
		主射线	散射线	漏射线	合计
东侧防护门外 30cm 处（1#）	透视	/	6.08E-06	4.18E-04	4.24E-04
	拍片	/	6.46E-01	3.36E-03	6.49E-01
东侧屏蔽墙外 30cm 处（2#）	透视	/	7.84E-06	5.39E-04	5.47E-04
	拍片	/	8.33E-01	4.34E-03	8.38E-01
东侧防护门外 30cm 处（3#）	透视	/	8.33E-06	5.73E-04	5.82E-04
	拍片	/	8.86E-01	4.61E-03	8.91E-01
东侧屏蔽墙外 30cm 处（4#）	透视	/	8.45E-06	5.81E-04	5.89E-04
	拍片	/	8.98E-01	4.68E-03	9.03E-01
南侧屏蔽墙外 30cm 处（5#）	透视	/	5.30E-06	3.65E-04	3.70E-04
	拍片	/	5.64E-01	2.94E-03	5.67E-01
南侧防护门外 30cm 处（6#）	透视	/	4.17E-06	2.87E-04	2.91E-04
	拍片	/	4.44E-01	2.31E-03	4.46E-01
西侧防护门外 30cm 处（7#）	透视	/	5.34E-06	3.68E-04	3.73E-04
	拍片	/	5.68E-01	2.96E-03	5.71E-01
西侧观察窗外 30cm 处（8#）	透视	/	7.57E-06	5.21E-04	5.29E-04
	拍片	/	8.05E-01	4.19E-03	8.10E-01
机房楼上地面 30cm 处（9#）	透视	3.18E-05	/	/	3.18E-05
	拍片	6.71E-02	/	/	6.71E-02
机房楼下地面 1.7m（10#）	透视	/	3.21E-09	6.49E-06	6.49E-06
	拍片	/	1.70E-02	1.41E-04	1.71E-02
第一术者	铅衣内	透视	/	33.01	23.85
	铅衣外	透视	/	622.66	147.19
第二术者	铅衣内	透视	/	13.57	9.80
	铅衣外	透视	/	255.86	60.48

根据 11-18~11-20 计算统计结果分析知，本项目 DSA 机房四周及楼上、楼下最大周围剂量当量率为 1.82E-02 $\mu\text{Sv/h}$ （透视模式），11.87 $\mu\text{Sv/h}$ （拍片模式），满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）“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 $\mu\text{Sv/h}$ ”、“具有短时、高剂量率曝光的摄影程序

机房外的周围剂量当量率应不大于 25μSv/h” 的要求。

3、周围公众及辐射工作人员年有效剂量估算

(1) 年有效剂量估算模式

DSA 机房周围公众、操作台辐射工作人员年有效剂量计算采用联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）2000 年报告附录 A 中的计算公式进行估算：

$$H_{Er} = D_r \times T \times t \quad \text{公式 11-6}$$

式中： H_{Er} —X 射线外照射年有效剂量，mSv/a；

D_r —关注点处辐射剂量率，μSv/h；

T —居留因子；

t —年照射时间，h；

机房内介入操作人员的外照射辐射年有效剂量计算借鉴《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）给出的公式进行估算：

$$E = \alpha H_u + \beta H_0 \quad \text{公式 11-7}$$

式中： α —系数，有甲状腺屏蔽时，取 0.79，无屏蔽时，取 0.84；

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；

H_0 —铅围裙外锁骨对应的衣领位置佩戴的个人剂量计测得的 $H_p(10)$ ，单位为毫希沃特（mSv）。

(2) 年有效剂量估算

将有关参数代入公式 11-6，估算 DSA 机房四周公众及操作台辐射工作人员的年附加剂量，见表 11-21～表 11-23。

表 11-21 本项目门诊医技楼五楼复合手术室 DSA 机房最大工况运行机房四周公众及操作台辐射工作人员的年附加剂量

关注点位置	操作模式	t (h)	T	辐射剂量率 D_r (μSv/h)	年有效剂量 H_{Er} (mSv/a)	
东侧防护门外 30cm 处 (1#)	透视	20	保守取 1	3.23E-04	6.46E-06	1.70E-04
	拍片	0.33	保守取 1	4.95E-01	1.63E-04	
东侧屏蔽墙外 30cm 处 (2#)	透视	20	保守取 1	5.15E-04	1.03E-05	2.71E-04
	拍片	0.33	保守取 1	7.89E-01	2.60E-04	
东侧屏蔽墙外 30cm 处 (3#)	透视	20	保守取 1	4.59E-04	9.16E-06	2.41E-04
	拍片	0.33	保守取 1	7.02E-01	2.32E-04	
东侧观察窗外 30cm 处 (4#)	透视	20	保守取 1	3.45E-04	6.91E-06	1.81E-04
	拍片	0.33	保守取 1	5.29E-01	1.75E-04	
南侧屏蔽墙外	透视	20	保守取 1	2.95E-04	5.90E-06	1.55E-04

30cm 处 (5#)	拍片	0.33	保守取 1	4.51E-01	1.49E-04	1.35E-04
南侧防护门外 30cm 处 (6#)	透视	20	保守取 1	2.57E-04	5.12E-06	
	拍片	0.33	保守取 1	3.92E-01	1.29E-04	
西侧屏蔽墙外 30cm 处 (7#)	透视	20	保守取 1	2.81E-04	5.63E-06	1.48E-04
	拍片	0.33	保守取 1	4.30E-01	1.42E-04	
西侧屏蔽墙外 30cm 处 (8#)	透视	20	保守取 1	4.71E-04	9.42E-06	2.47E-04
	拍片	0.33	保守取 1	7.21E-01	2.38E-04	
西侧屏蔽墙外 30cm 处 (9#)	透视	20	保守取 1	5.76E-04	1.15E-05	3.03E-04
	拍片	0.33	保守取 1	8.83E-01	2.91E-04	
北侧屏蔽墙外 30cm 处 (10#)	透视	20	保守取 1	3.99E-04	7.99E-06	2.10E-04
	拍片	0.33	保守取 1	6.11E-01	2.02E-04	
北侧屏蔽墙外 30cm 处 (11#)	透视	20	保守取 1	3.25E-04	6.50E-06	1.71E-04
	拍片	0.33	保守取 1	4.98E-01	1.64E-04	
机房楼上地面 30cm 处 (12#)	透视	20	保守取 1	1.82E-02	3.63E-04	4.28E-03
	拍片	0.33	保守取 1	11.87	3.92E-03	
机房楼下地面 1.7m (13#)	透视	20	保守取 1	6.50E-06	1.30E-07	5.78E-06
	拍片	0.33	保守取 1	1.71E-02	5.65E-06	

表 11-22 本项目门诊医技楼五楼普通手术室 DSA 机房最大工况运行机房四周公众及操作台辐射工作人员的年附加剂量

关注点位置	操作模式	t (h)	T	辐射剂量率 Dr ($\mu\text{Sv/h}$)	年有效剂量 H_{Er} (mSv/a)	
东侧屏蔽墙外 30cm 处 (1#)	透视	20	保守取 1	4.18E-04	8.35E-06	2.19E-04
	拍片	0.33	保守取 1	6.40E-01	2.11E-04	
东侧屏蔽墙外 30cm 处 (2#)	透视	20	保守取 1	7.86E-04	1.57E-05	4.13E-04
	拍片	0.33	保守取 1	1.20E+00	3.97E-04	
南侧观察窗外 30cm (3#)	透视	20	保守取 1	3.44E-04	6.88E-06	1.81E-04
	拍片	0.33	保守取 1	5.27E-01	1.74E-04	
南侧屏蔽墙外 30cm 处 (4#)	透视	20	保守取 1	3.61E-04	7.22E-06	1.90E-04
	拍片	0.33	保守取 1	5.53E-01	1.83E-04	
西侧屏蔽墙外 30cm 处 (5#)	透视	20	保守取 1	6.58E-04	1.32E-05	3.46E-04
	拍片	0.33	保守取 1	1.01E+00	3.33E-04	
北侧屏蔽墙外 30cm 处 (6#)	透视	20	保守取 1	3.50E-04	7.00E-06	1.84E-04
	拍片	0.33	保守取 1	5.36E-01	1.77E-04	
北侧防护门外 30cm 处 (7#)	透视	20	保守取 1	3.11E-04	6.23E-06	1.64E-04
	拍片	0.33	保守取 1	4.77E-01	1.57E-04	
机房楼上地面 30cm 处 (8#)	透视	20	保守取 1	1.82E-02	3.63E-04	4.28E-03
	拍片	0.33	保守取 1	11.87	3.92E-03	
机房楼下地面 1.7m (9#)	透视	20	保守取 1	6.50E-06	1.30E-07	5.78E-06
	拍片	0.33	保守取 1	1.71E-02	5.65E-06	

表 11-23 本项目病房楼十五楼检查室 DSA 机房最大工况运行机房四周公众及操作台辐射工作人员的年附加剂量

关注点位置	操作模式	t (h)	T	辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	年有效剂量 H_{Er} (mSv/a)	
东侧防护门外 30cm 处 (1#)	透视	25	保守取 1	4.24E-04	1.06E-05	1.10E-03
	拍片	1.67	保守取 1	6.49E-01	1.08E-03	
东侧屏蔽墙外	透视	25	保守取 1	5.47E-04	1.37E-05	1.41E-03

30cm 处 (2#)	拍片	1.67	保守取 1	8.38E-01	1.40E-03	1.50E-03
东侧防护门外	透视	25	保守取 1	5.82E-04	1.45E-05	
30cm 处 (3#)	拍片	1.67	保守取 1	8.91E-01	1.49E-03	
东侧屏蔽墙外	透视	25	保守取 1	5.89E-04	1.47E-05	1.52E-03
30cm 处 (4#)	拍片	1.67	保守取 1	9.03E-01	1.51E-03	
南侧屏蔽墙外	透视	25	保守取 1	3.70E-04	9.26E-06	9.56E-04
30cm 处 (5#)	拍片	1.67	保守取 1	5.67E-01	9.47E-04	
南侧防护门外	透视	25	保守取 1	2.91E-04	7.28E-06	7.52E-04
30cm 处 (6#)	拍片	1.67	保守取 1	4.46E-01	7.45E-04	
西侧防护门外	透视	25	保守取 1	3.73E-04	9.32E-06	9.63E-04
30cm 处 (7#)	拍片	1.67	保守取 1	5.71E-01	9.54E-04	
西侧观察窗外	透视	25	保守取 1	5.29E-04	1.32E-05	1.37E-03
30cm 处 (8#)	拍片	1.67	保守取 1	8.10E-01	1.35E-03	
机房楼上地面	透视	25	保守取 1	3.18E-05	7.94E-07	1.13E-04
30cm 处 (9#)	拍片	1.67	保守取 1	6.71E-02	1.12E-04	
机房楼下地面	透视	25	保守取 1	6.50E-06	1.62E-07	2.88E-05
1.7m (10#)	拍片	1.67	保守取 1	1.71E-02	2.86E-05	

由表 11-21~11-23, 3 间 DSA 机房四周公众的年附加剂量最大为 4.28E-03mSv/a, 满足公众项目管理目标 0.1mSv/a 的要求; 3 间 DSA 控制室辐射工作人员的年附加剂量最大为 1.37E-03mSv/a, 满足工作人员项目管理目标 5mSv/a 的要求。

保守预测门诊医技楼五楼 2 台 DSA 同时工作时, DSA 机房四周公众的年附加剂量最大为 4.28E-03mSv/a×2 为 8.56E-03mSv/a, 满足公众项目管理目标 0.1mSv/a 的要求; 控制室辐射工作人员的年附加剂量最大为 1.37E-03mSv/a×2 为 2.74E-03mSv/a, 满足工作人员项目管理目标 5mSv/a 的要求。

本项目机房内介入治疗操作人员按照最大工况进行计算, 将有关参数代入公式 11-7, 计算第一术者、第二术者年有效剂量, 结果列于表 11-24。

表 11-24 本项目 DSA 机房内介入操作人员年有效剂量估算结果

位置		α	β	部位	辐射剂量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）			年照射时间	年有效剂量 E （ mSv/a ）
					散射线	漏射线	合计		
复合手术室/普通手术室	第一术者	0.79	0.051	铅衣内	33.01	23.85	56.86	20	1.68
				铅衣外	622.66	147.19	769.85		
	第二术者			铅衣内	13.57	9.80	23.37		0.69
				铅衣外	255.86	60.48	316.34		
				铅衣外	255.86	60.48	316.34		
检查室	第一术者	0.79	0.051	铅衣内	33.01	23.85	56.86	25	2.10
				铅衣外	622.66	147.19	769.85		
	第二术者			铅衣内	13.57	9.80	23.37		0.86
				铅衣外	255.86	60.48	316.34		

由表 11-24, 本项目 DSA 机房内的介入操作第一、第二术者操作位的年有效剂量

最大分别为 2.10mSv/a、0.86mSv/a，第一术者操作位由 1 人承担，第二术者操作位由 1 人承担，手术室护士保守参考第二术者操作位估算年有效剂量，满足工作人员项目管理目标 5mSv/a 的要求。

对于介入手术，由于其实际工作中 DSA 透视工况及操作时间的不确定性，辐射工作人员需要依靠佩戴个人剂量计进行跟踪性监测才能准确地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，采用双剂量计监测方法，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地生态环境、卫生健康行政部门调查处理。介入手术工作人员均按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）穿戴防护用品（铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套等），并充分利用自带的铅悬挂防护屏及床侧防护帘等做好自身防护，确保其年有效剂量满足标准限值要求。

4、保护目标年有效剂量估算

本项目 DSA 机房 50m 范围环境保护目标为辐射工作人员、医院内其他工作人员、病患及陪同家属等流动人员，根据表 11-21～表 11-23 计算结果，DSA 机房周围公众可达处（取机房屏蔽墙外 30cm 处参考点）最大年附加剂量 $<0.01\text{mSv}$ ，其他保护目标位置由于辐射影响的距离平方反比衰减规律以及墙体、楼体结构的屏蔽作用，最大年附加剂量均 $<0.01\text{mSv}$ ，因此本项目周围保护目标的年有效剂量能够满足 0.1mSv 的剂量限值要求。

综上所述，根据上述理论估算结果，本项目 DSA 机房在经实体屏蔽后，对 DSA 机房外辐射工作人员和周围公众的环境影响较小，同时在开展介入工作时，在采取有效的辐射防护措施和医院良好的管理情况下，辐射工作人员的年有效剂量可以满足标准限值要求。

二、三废的治理评价

1、废气

DSA 机房内的空气在 X 射线作用下分解产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体。DSA 机房内拟设置动力通风装置，门诊医技楼五楼复合手术室 DSA 机房、普通手术室 DSA 机房通风口位于机房内顶面北侧，病房楼十五楼检查室 DSA 机房通风口位于机房内顶部南侧。少量的臭氧、氮氧化物可通过动力通风装置排入大气，常温常压常态下，

臭氧可自行分解为氧气，对周围环境影响较小。

2、废水

工作人员和病人产生的生活污水和医疗废水，由院内污水处理站统一处理，排入市政污水管网。

3、固体废物

工作人员产生的生活垃圾，经分类收集后，将交由城市环卫部门处理，对周围环境影响较小。本项目 DSA 手术过程中产生的棉签、纱布、手套、器具等医疗废物收集后，作为医疗废物由医院统一委托有资质单位进行处置。

事故影响分析

一、辐射事故

本项目新增的 3 台 DSA 为Ⅱ类射线装置，在射线装置开展医疗诊断和介入治疗过程中，如果不被安全管理或可靠保护，可能对误入机房的受照人员产生较严重放射损伤。因此，本项目主要事故风险为：

（1）在介入手术操作过程中，有未穿戴铅衣、配套铅手套和铅防护眼镜等个人防护用品的公众误留机手术室，室内人员位于手术室床旁，导致发生误照射；

（2）DSA 控制系统失灵持续摄影，而此时手术室内人员未穿戴铅衣、配套铅手套和铅防护眼镜等个人防护用品，室内人员位于手术室床旁，导致发生误照射；

（3）设备维护人员在维护 DSA 射线管或测量探测器时，射线管正处于出束状态，维修人员处于机头上方，导致发生误照射 DSA 正常工作时，人员误留、误入机房内，导致发生误照射。

二、事故防范措施

针对本项目可能发生的辐射事故，可采取以下的处理措施：

（一）当发生误照射时，应立即按下急停开关，确保 DSA 停止工作；

（二）对工作人员造成额外照射时，应及时检测个人剂量计，剂量超标则人员应及时就医检查并调岗；

（三）对发生事故的 DSA 或其他设备故障，请设备厂家或相关单位进行检测或维修，分析事故发生原因，不得擅自进行维修。

医院应定期对 DSA 机房辐射安全措施进行检查、维护，发现问题及时维修；每次工作前均应检查相应辐射安全装置的有效性，定期对工作场所进行检测。医院还应在平

时工作中加强工作人员的辐射防护知识的培训，尽可能避免辐射事故的发生。

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，立即启动事故应急方案，采取必要防范措施，在事故发生后 1 小时内向所在地生态环境和公安部门报告，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，还应当同时向卫生健康部门报告；对于可能受到大剂量照射的人员，迅速安排医学检查和救治，积极配合政府管理部门做好事故调查和善后工作。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置 南京市妇幼保健院拟新增 3 台 DSA，在门诊医技楼五楼复合手术室内配备 1 台 DSA，在门诊医技楼五楼普通手术室配备 1 台 DSA，在病房楼十五楼检查室配备 1 台 DSA，用于医学诊断及介入治疗。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。根据《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》（生态环境部第 57 号公告）的要求，从事辐射工作的人员均须通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规并考核。对于原来已取得培训合格证且在有效期内的仍然有效。 南京市妇幼保健院已设定专门的辐射安全与环境保护管理机构，指定专人负责辐射安全与环境保护管理工作。医院应根据本次新增 3 台 DSA 项目修订制定相关文件，增加并明确与本项目相关的辐射安全与环境保护管理人员及其职责，将该项目辐射安全管理纳入全院的辐射安全管理工作中。 根据医院提供的资料，南京市妇幼保健院目前已取得辐射安全许可证，种类和范围为“使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置”，本次新增的 3 台 DSA 属于Ⅱ类射线装置。根据要求，从事Ⅱ类射线装置的工作人员需通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护知识及相关法律法规并参加考核，考核合格后方可上岗。 本项目辐射工作人员拟由南京市妇幼保健院新聘用，不兼职其他放射工作，拟配备 15 名辐射工作人员，新进的辐射工作人员须通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规，参加“医用 X 射线诊断与介入放射学”辐射安全与防护考核，辐射防护管理人员需参加“医学其他”辐射安全与防护考核，合格后方可上岗。
辐射安全管理规章制度 南京市妇幼保健院已制定《DSA 操作规程》《辐射防护和安全保卫制度》《放射科岗位职责》《辐射环境监测方案》《辐射事故应急措施》《辐射设备检修维护制度》及《受检者防护告知》等制度，并得到有效落实执行。医院应完善辐射事故应急预案等辐射安全管理制度，并在本项目运行过程中严格执行、不断完善。

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”。建议医院根据新增 3 台 DSA 项目的特点及以下内容制定相关制度，并落实到实际工作中，严格执行，加强辐射安全管理。

一、操作规程

明确本项目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：

- （一）确保开展辐射工作时所有辐射屏蔽措施均已到位，严格按照规定操作流程操作，防止发生辐射事故；
- （二）从事辐射工作时必须佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪；
- （三）在工作场所严禁吸烟、进食。

二、岗位职责

明确射线装置使用工作人员、台账管理人员及辐射安全管理人员的岗位责任，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。

三、辐射防护和安全保卫制度

根据射线装置的具体情况制定相应的辐射防护和安全保卫制度。重点是：

- （一）定期检查相关的辐射安全装置及检测仪器，发现问题及时修理或更换，确保辐射安全联锁装置、个人剂量报警仪、环境辐射剂量监测仪保持良好工作状态；
- （二）工作人员定期开展个人剂量检测和职业健康监护。

四、设备维修制度

明确射线装置和辐射监测设备维修计划、维修的记录和在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，并做好记录。确保射线检测装置、安全措施（联锁装置、警示标志、工作状态指示灯、急停按钮）、剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。

五、人员培训计划和健康管理制

明确培训对象、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。相关辐射工作人员应及时学习最新的国家政策法规及标准，熟练掌握放射性防护知识、最新的操作技术。根据 18 号令及《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》，辐射工作人员均须通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规并通过考核。医院应组织辐射工作人员定期参加职业健康体检（不少于 1 次/2 年），并为其建立辐射工作人员职业健康监护档案。

六、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行政主管部门。为了确保Ⅱ类射线装置的辐射安全，该单位应制定监测方案，重点是：

（一）明确监测项目和频次；

（二）辐射工作人员个人剂量监测数据应建立个人剂量档案，依据《江苏省辐射污染防治条例》（2018 年修正），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地生态环境、卫生健康部门调查处理；

（三）医院应当按照有关标准、规范的要求定期对工作场所及周围环境进行监测或者委托有资质的机构进行监测，发现异常情况的，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；

（四）委托有资质监测单位对本单位的射线装置的安全和防护状况进行年度检测，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。

辐射监测

根据辐射管理要求，南京妇幼保健院拟为本项目配备辐射巡测仪 1 台和个人剂量报警仪 6 台，用于辐射防护监测和报警，同时结合本项目实际情况，已制定如下监测计划：

（1）委托有资质的单位定期对项目周围环境 X- γ 辐射剂量率进行监测，周期：1～2 次/年；

（2）辐射工作人员配备个人剂量计监测累积剂量，定期（不少于 1 次/季）送有资质机构进行个人剂量监测，建立个人剂量档案；

（3）定期使用辐射监测仪器对项目周围辐射环境进行自检，并保留自检记录；

（4）所有辐射工作人员上岗前进行职业健康体检，以排除职业禁忌症。开展辐射工作后，定期开展职业健康体检（不少于 1 次/2 年），并建立个人职业健康档案；

(5) 出现外照射事故，立即采取应急措施，并在 1 小时之内向县（市、区）或者设区的市生态环境行政主管部门报告。

医院拟结合本项目特点，增加本项目的自行监测内容，完善监测计划的频次及监测内容。同时，医院应当对全院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 日前将年度评估报告上传至国家核技术利用申报系统，年度评估发现安全隐患的，应当立即整改。

辐射事故应急

根据现有核技术利用项目可能发生的辐射事故风险，医院拟按照《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，制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。

对于在医院定期监测或委托监测时发现异常情况的，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，立即启动事故应急方案，采取必要防范措施，并在事故发生后 1 小时内向所在地生态环境和公安部门报告，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；并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门和公安部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，同时向当地卫生健康行政部门报告。

医院拟根据本项目 DSA 的特点，不断完善放射事故应急处理预案，明确人员职责和应急响应措施。

表 13 结论与建议

结论

一、项目概况

为了满足患者就医需求，南京市妇幼保健院拟在丁家庄院区门诊医技楼五楼、病房楼十五楼新建 3 间 DSA 机房，并拟购置 3 台 DSA 设备（门诊医技楼五楼 2 台，型号为 Artis Zee Ceiling，最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA；病房楼十五楼 1 台，型号为 Artis Q Ceiling，最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA），用于开展医疗诊断和介入治疗。

二、项目建设的必要性及产业政策符合性

本项目的建设，可为医院提供多种诊断、治疗手段，有着重要临床应用价值，可为患者提供放射诊断及介入治疗服务，并可提高当地医疗卫生水平。对照《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2021 年修正），不属于“限制类”或“淘汰类”项目，符合国家现行的产业政策。

三、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。

四、选址合理性

南京市妇幼保健院丁家庄院区位于南京市栖霞区丁家庄，医院东侧为燕新路，南侧为华银路，西侧为寅春路，北侧为福寿街。

本次新增 3 台 DSA 机房周围 50m 评价范围医院内部、院外道路，无学校、居民区等环境敏感点，运行后的环境保护目标主要是从事本项目的辐射工作人员、院内的其他医务人员、病患及陪同家属等流动人员。本项目 DSA 工作场所划分了控制区及监督区，控制室与机房分开，区域划分明确，布局合理。

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

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

五、辐射环境现状

南京市妇幼保健院本次新增3台DSA项目拟建址周围环境辐射剂量率在33.2nGy/h~65.0nGy/h之间，与江苏省环境天然 γ 辐射水平调查结果相比较，未见异常。

六、环境影响评价

本项目拟采取的辐射防护屏蔽措施适当，符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）相关要求。根据预测结果，在落实本报告提出的各项辐射安全与防护措施的情况下，本项目投入运行后对辐射工作人员和公众所受辐射剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中对职业人员和公众年有效剂量限值要求以及本项目剂量约束值限值要求（职业人员年有效剂量不超过5mSv，公众年有效剂量不超过0.1mSv）。

七、“三废”的处理处置

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，可通过通风系统排至室外，臭氧在常温下约50分钟可自行分解为氧气，对周围环境影响较小；工作人员和患者产生的生活污水、医疗废水，由医院污水处理站统一处理；工作人员产生的生活垃圾，分类收集后，将交由城市环卫部门处理；本项目DSA手术过程中产生的棉签、纱布、手套、器具等收集后，作为医疗废物由医院统一委托有资质单位进行处置，对周围环境影响较小。

八、主要污染源及拟采取的主要辐射安全防护措施

本次南京市妇幼保健院新增3台DSA项目，DSA开机期间，产生的X射线为主要辐射环境污染因素。本项目DSA机房入口处均拟设置“当心电离辐射”警告标志和工作状态指示灯；DSA机房设有闭门装置，射线装置机房内外均设置有急停按钮，符合

《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中的要求。

九、辐射安全管理评价

南京市妇幼保健院已设定辐射安全与环境保护管理机构，指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以医院内部文件形式明确其管理职责。医院拟根据本项目特点补充和完善相应的辐射安全管理制度。

南京市妇幼保健院须为本项目辐射工作人员配置个人剂量计，定期送有资质部门监测个人剂量，建立个人剂量档案；定期进行健康体检，建立个人职业健康监护档案。南京市妇幼保健院还须为本项目配备辐射巡测仪 1 台和个人剂量报警仪 6 台。此外，医院应根据 GBZ 130-2020 的要求，为本项目辐射工作人员和受检者配备足够数量的个人防护用品和辅助防护设施。

综上所述，南京市妇幼保健院丁家庄院区建设项目（新增 3 台 DSA）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较小，故从辐射环境保护角度论证，本项目的建设和运行是可行的。

建议和承诺

1、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。

2、各项安全措施及辐射防护设施必须正常运行，严格按国家有关规定要求进行操作，确保其安全可靠。

3、定期进行辐射工作场所的检查及监测，及时排除事故隐患。

4、医院取得本项目环评批复后，应及时重新申请辐射安全许可证，按照法规要求开展竣工环境保护验收工作，环境保护设施的验收期限一般不超过 3 个月，最长不超过 12 个月。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见：	
经办人	公 章 年 月 日
审批意见：	

附表

辐射污染防治“三同时”措施一览表

项目	“三同时”措施	预期效果	预计投资（万元）
辐射安全管理	管理机构：医院已设立专门的辐射安全与环境保护管理机构，指定专人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。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中使用放射性同位素和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的要求。	/
	管理制度：完善操作规程、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。	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。	
辐射防护措施	屏蔽措施：复合手术室/普通手术室 DSA 机房四面墙体采用 3mm 铅当量铅板，顶面 300mm 混凝土+40mm 硫酸钡水泥，地板 300mm 混凝土+40mm 硫酸钡水泥，各防护门均采用 3mm 铅防护门，观察窗为 3mm 铅玻璃观察窗；检查室 DSA 机房四面墙体采用 3mm 铅当量铅板，顶面 240mm 混凝土+40mm 硫酸钡水泥+3mm 铅当量铅板，地板 300mm 混凝土+40mm 硫酸钡水泥，各防护门均采用 3mm 铅防护门，观察窗为 3mm 铅玻璃观察窗，详见表 10-2。	DSA 机房周围环境辐射水平应满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中 C 型臂 X 射线设备机房剂量当量率应不大于 2.5μSv/h，屏蔽防护铅当量厚度不小于 2mm 铅当量的要求。辐射工作人员和周围公众年受照剂量应满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中剂量限值要求和项目管理目标剂量约束值要求：职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv。	150
	防护用品：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、铅防护吊帘、床侧防护帘、床侧防护屏等。	采取的辐射防护措施满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）个人防护用品和辅助防护设施配置的要求。	
辐射安全措施	安全措施：DSA 机房入口处拟设置“当心电离辐射”警告标志和工作状态指示灯；DSA 机房设有闭门装置，机房内外均设置有急停按钮；机房内设置动力通风装置，并保持良好的通风。	满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的相关辐射安全管理的要求。	40

	医院拟新增个人剂量报警仪 6 台、辐射巡测仪 1 台。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》对辐射监测仪器的配备要求。	
人员配备	辐射安全管理人员和辐射工作人员均可通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规并考核，考核合格后上岗。 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），并建立放射工作人员职业健康档案。	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》要求。	7.0
废气治理措施	机房设计有独立排风系统，工作时候开启确保机房内臭氧和氮氧化物能及时排出。	满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）相关通风要求。	15
总计	/	/	212

以上污染防治的措施必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。