核技术利用建设项目

扬州友好医院新增 1 台 DSA 项目

环境影响报告表

扬州友好医院

2025 年 2 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

扬州友好医院新增 1 台 DSA 项目

环境影响报告表

建设单位名称：扬州友好医院

建设单位法人代表（签名或盖章）：

通讯地址：扬州市四望亭路 446 号邮

政编码：225000　　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 ..... - 6 -
表 3 非密封放射性物质 ..... - 6 -
表 4 射线装置 ..... - 7 -
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物） ..... - 8 -
表 6 评价依据 ..... - 9 -
表 7 保护目标与评价标准 ..... - 12 -
表 8 环境质量和辐射现状 ..... - 18 -
表 9 项目工程分析与源项 ..... - 22 -
表 10 辐射安全与防护 ..... - 28 -
表 11 环境影响分析 ..... - 35 -
表 12 辐射安全管理 ..... - 52 -
表 13 结论与建议 ..... - 57 -
表 14 审批 ..... - 61 -
附图 1 扬州友好医院新增 1 台 DSA 项目地理位置示意图 ..... - 62 -
附图 2 邗江区四望亭路院区整体平面布置和周围环境示意图 ..... - 63 -
附图 3 一期综合楼（1 号楼）负一楼（DSA 机房楼下）平面布置示意图 ..... - 64 -
附图 4 一期综合楼（1 号楼）一楼平面布置示意图 ..... - 65 -
附图 5 一期综合楼（1 号楼）二楼平面布置示意图 ..... - 66 -
附图 6 一期综合楼（1 号楼）一楼现状平面布置示意图 ..... - 67 -
附件 1 项目委托书 ..... - 68 -
附件 2 射线装置使用承诺书 ..... - 69 -
附件 3 工作场所屏蔽设计说明 ..... - 70 -
附件 4 辐射安全许可证 ..... - 71 -
附件 5 原有核技术利用项目基本情况一览表 ..... - 82 -
附件 6 辐射环境本底监测报告 ..... - 85 -
附件 7 辐射安全管理制度 ..... - 90 -
附件 8 检测机构资质认定证书 ..... - 125 -
附件 9 江苏省生态环境分区管控综合查询报告书 ..... - 128 -

表 1 项目基本情况

<table>
<tr><td colspan="2">建设项目名称</td><td colspan="8">扬州友好医院新增 1 台 DSA 项目</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设单位</td><td colspan="8">扬州友好医院
（统一社会信用代码：52321000510820703D）</td></tr>
<tr><td colspan="2">法人代表</td><td colspan="2">贾玉清</td><td>联系人</td><td>张军鹏</td><td>联系电话</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">注册地址</td><td colspan="8">江苏省扬州市四望亭路 446 号、邵伯镇建设路 11 号</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目建设地点</td><td colspan="8">扬州市四望亭路 446 号一期综合楼（1 号楼）一楼</td></tr>
<tr><td colspan="2">立项审批部门</td><td colspan="3">/</td><td>批准文号</td><td colspan="3">/</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设项目总投资（万元）</td><td>700</td><td colspan="2">项目环保总投资（万元）</td><td>50</td><td colspan="2">投资比例（环保投资/总投资）</td><td>7.1%</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目性质</td><td colspan="4">☐新建 ☑改建 ☐扩建 ☐其他</td><td colspan="2">占地面积（m^2）</td><td>不新增占地</td></tr>
<tr><td rowspan="10">应用类型</td><td rowspan="2">放射源</td><td>☐销售</td><td colspan="7">☐Ⅰ类 ☐Ⅱ类 ☐Ⅲ类 ☐Ⅳ类 ☐Ⅴ类</td></tr>
<tr><td>☐使用</td><td colspan="7">☐Ⅰ类（医疗使用） ☐Ⅱ类 ☐Ⅲ类 ☐Ⅳ类 ☐Ⅴ类</td></tr>
<tr><td rowspan="3">非密封放射性物质</td><td>☐生产</td><td colspan="7">☐制备 PET 用放射性药物</td></tr>
<tr><td>☐销售</td><td colspan="7">/</td></tr>
<tr><td>☐使用</td><td colspan="7">☐乙 ☐丙</td></tr>
<tr><td rowspan="3">射线装置</td><td>☐生产</td><td colspan="7">☐Ⅱ类 ☐Ⅲ类</td></tr>
<tr><td>☐销售</td><td colspan="7">☐Ⅱ类 ☐Ⅲ类</td></tr>
<tr><td>☑使用</td><td colspan="7">☑Ⅱ类 ☐Ⅲ类</td></tr>
<tr><td>其他</td><td colspan="8">/</td></tr>
</table>

项目概述：

一、建设单位基本情况、项目建设规模及由来

扬州友好医院（以下简称“医院”）医院始建于 1976 年，是一所集医疗、教学、科研于一体的综合性国家二级甲等医院。医院医疗设备先进，技术力量雄厚，医院现有两个院区，其中江都区邵伯镇院区开设床位 300 张，邗江区四望亭路院区

开设床位800张。

为改善医疗条件，优化布局，方便患者就医，扬州友好医院拟将邗江区四望亭路院区（下文皆指该院区）内的一期综合楼（1号楼）一楼东北部的高压氧舱、消毒室、更衣室、办公室等拆除，改建为1间数字减影血管造影机（Digital Subtraction Angiography，以下简称“DSA”）机房及配套附属功能房，并拟新增一台DSA（型号为Artis zee Ⅲ 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。

为保护环境和公众利益，防止辐射污染，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，本项目新增的1台DSA装置属于“血管造影用X射线装置”，为II类射线装置。依照《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），本项目新增DSA，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，确定为编制环境影响报告表。受扬州友好医院的委托，南京瑞森辐射技术有限公司承担了该单位新增1台DSA项目的环境影响评价工作（见附件1）。南京瑞森辐射技术有限公司通过资料调研、项目工程分析、现场勘察及现场监测等工作的基础上，编制了该项目环境影响报告表。该医院新增1台DSA项目情况见下表：

表1-1 扬州友好医院新增1台DSA项目情况一览表

射线装置									
序号	射线装置名称 型号	数量	最大管电压（kV）	最大管电流（mA）	射线装置类别	工作场所名称	活动种类	环评情况	备注
1	DSA （Artis zee Ⅲ ceiling）	1	125	1000	II类	一期综合楼（1号楼）一楼DSA机房	使用	本次环评	单球管

二、项目选址情况

扬州友好医院邗江区四望亭路院区位于扬州市邗江区四望亭路446号，医院东侧为维扬路，南侧为四望亭路，西侧为景汇华府小区，北侧为扬州市交通事故保险理赔服务中心及中国人民财产保险股份有限公司事故车辆拆检中心。本项目地理位置示意见附图1，邗江区四望亭路院区整体平面布置和周围环境示意图见附图2。

本项目位于医院邗江区四望亭路院区一期综合楼（1号楼）内，其东侧、南侧和北侧均为院内绿化和院内道路，西侧为二期综合楼（2号楼）、院内绿化和院内道

路。本项目 DSA 机房东侧为风井和电井，南侧为室内过道，西侧为控制室和缓冲区，北侧为院内绿化和设备间，楼上为检验科实验室，楼下为高压氧舱设备间。一期综合楼（1 号楼）负一楼至二楼平面布局及周围环境示意图见附图 3~附图 5，DSA 拟建址现状平面布置图见附图 6。

本项目 DSA 机房周围 50m 评价范围（见附图 2）南侧和西侧均位于医院边界内，东侧至维扬路（最近处约 38m），北侧至扬州市交通事故保险理赔服务中心（最近处约 30m）和中国人民财产保险股份有限公司事故车辆拆检中心（最近处约 25m）。项目运行后的环境保护目标主要是本项目辐射工作人员、其他医务人员、院内病患、扬州市交通事故保险理赔服务中心和中国人民财产保险股份有限公司事故车辆拆检中心的员工和和周围公众等。

三、原有核技术利用项目许可情况

扬州友好医院现持有江苏省生态环境厅核发的辐射安全许可证（见附件 4），证书编号为苏环辐证〔01392〕，许可种类和范围为“使用Ⅰ类、Ⅴ类放射源；使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置；使用非密封放射性物质，丙级非密封放射性物质工作场所”，有效期至 2029 年 04 月 03 日。建设单位在用的核技术利用项目环保手续齐全，医院现有放射源、非密封放射性、射线装置基本情况见表 1-2。

表 1-2 扬州友好医院核技术利用项目基本情况一览表

（一）放射源

序号	辐射活动场所名称	核素	类别	活动种类	总活度（Bq）/活度（Bq）×枚数	环评、许可及验收情况	备注
1	扬州友好医院放疗科伽玛刀机房（扬州市四望亭路 466 号）	Co-60	Ⅰ类	使用	1.05E+13*30	已环评、已许可、已验收	/
2	扬州友好医院核医学科（扬州市四望亭路 466 号）	Ge-68	Ⅴ类	使用	5.55E+7*1	已环评、已许可	/
3		Ge-68	Ⅴ类	使用	7.4E+7*1	已环评、已许可	/

（二）非密封放射性物质

序号	辐射活动场所名称	场所等级	核素	活动种类	日等效最大操作量（Bq）	年最大用量（Bq）	环评、许可及验收情况	备注
1	扬州友好医院核医学科（扬州市四望亭路 466 号）	丙级	F-18	使用	3.7E+6	9.25E+11	已环评、已许可、已验收	/

（三）射线装置

序号	辐射活动场所名称	装置名称	规格型号	类别	活动种类	环评、许可及验收情况	备注
1	扬州友好医院放射影像科（江都区邵伯镇建设路 11 号）	DR 拍片机	X2200	III类	使用	已环评、已许可、已验收监测	/
2		口腔全景 X 光机	OP/OC200	III类	使用	已环评、已许可、已验收监测	/
3		螺旋 CT	SOMATOM Scope Power16	III类	使用	已环评、已许可、已验收监测	
4	扬州友好医院放射影像科（扬州市四望亭路 466 号）	移动 DR	Axgq620	III类	使用	已环评、已许可、已验收监测	/
5		双源 CT	Somatom defintion flash	III类	使用	已环评、已许可、已验收监测	/
6		数字胃肠机	Axgpsm80	III类	使用	已环评、已许可、已验收监测	/
7		乳腺 X 光机	PLANMED SOPHIE CLASSIC	III类	使用	已环评、已许可、已验收监测	/
8		大型 C 臂 X 光机	Infinx-iINFX-8000c	II类	使用	已环评、已许可、已验收监测	
9		数字化拍片机（DR）	EX5000SC-DDR	III类	使用	已环评、已许可、已验收监测	/
10		DR 拍片机	Xploer 1600	III类	使用	已环评、已许可、已验收监测	/
11		螺旋 CT	SOMATOM Scope Power16	III类	使用	已环评、已许可、已验收监测	/
12	扬州友好医院核医学科（扬州市四望亭路 466 号）	PET/CT	RAY SCAN 64	III类	使用	已环评、已许可、已验收	/
13	扬州友好医院口腔科（扬州市四望亭路 466 号）	口腔 CT	Plan meca promasx 3d classic	III类	使用	已环评、已许可、已验收监测	/
14	扬州友好医院手术室（江都区邵伯镇建设路 11 号）	骨科移动式 C 臂 X 光机	CIOS SELECT	III类	使用	已环评、已许可、已验收监测	/
15	扬州友好医院手术室（扬州市四望亭路 466 号）	骨科移动式 C 臂 X 光机	CIOS SELECT	III类	使用	已环评、已许可、已验收监测	/

在历年运行过程中，医院严格遵守相关放射性法律、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。

四、实践正当性分析

本项目的运行，可为患者提供医疗诊断和介入治疗服务，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。

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素以及产生的中子流强度（n/s）

表 3 非密封放射性物质

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

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）。

表 4 射线装置

（一）加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量（MeV）	额定电流（mA）/剂量率（Gy/h）	用途	工作场所	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

（二）X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压（kV）	最大管电流（mA）	用途	工作场所	备注
1	DSA	II	1	Artis zee Ⅲ ceiling	125	1000	医用诊断/介入治疗	一期综合楼（1 号楼）一楼 DSA 机房	单球管
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

（三）中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	/	不暂存	通过排风系统排入外环境，臭氧在常温下 50min 左右可自行分解为氧气
介入手术时产生的医用器具和药棉、纱布、手套等医用辅料	固态	/	/	约 10kg	约 120kg	/	无放射性废弃物，直接暂存在机房内的废物桶，手术结束后集中收集	委托有资质单位进行处理
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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》（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》（2017年修订版），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，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）《产业结构调整指导目录（2024年本）》，国家发展和改革委员会令第7号，2023年12月27日发布，2024年2月1日起施行； （10）《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，2018年5月1日起实施； （11）《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； （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日发布，2020年1月1日起施行； （15）《自然资源部 生态环境部 国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》，自然资发〔2022〕142号，2018年6月9日发布，2022年8月16日发布； （16）《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》，国环规环评〔2017〕4号，2017年11月22日发布； （17）《关于进一步加强生态保护红线监督管理的通知》，苏自然资函〔2023〕880号，2023年10月10日发布； （18）《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； （19）《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； （20）《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； （21）《省生态环境厅关于进一步做好建设项目环境影响报告书（表）编制单位监管工作的通知》，苏环办〔2021〕187号，江苏省生态环境厅办公室，2021年5月31日印发。
技术标准	（1）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）； （2）《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB 8999-2021）； （3）《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016）； （4）《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）； （5）《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2022）； （6）《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）； （7）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）； （8）《建设项目竣工环境保护设施验 收技术规范 核技术利用》（HJ 1326-2023）；

	（9）《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）； （10）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）。
其他	**附图：** （1）扬州友好医院新增 1 台 DSA 项目地理位置示意图； （2）邗江区四望亭路院区整体平面布置和周围环境示意图； （3）一期综合楼（1 号楼）负一楼（DSA 机房楼下）平面布置示意图； （4）一期综合楼（1 号楼）一楼平面布置示意图； （5）一期综合楼（1 号楼）二楼平面布置示意图； （6）一期综合楼（1 号楼）一楼现状平面布置示意图。 **附件：** （1）项目委托书； （2）射线装置使用承诺书； （3）工作场所屏蔽设计说明； （4）辐射安全许可证； （5）原有核技术利用项目基本情况一览表； （6）辐射环境本底监测报告； （7）辐射安全管理制度； （8）检测机构资质认定证书； （9）江苏省生态环境分区管控综合查询报告书。

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”的要求，结合本项目的特点，确定本项目的评价范围为扬州友好医院新增 1 台 DSA 项目所在机房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 2。

保护目标

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。根据《关于加强生态保护红线管理的通知》（自然资发〔2022〕142 号）和《生态环境分区管控管理暂行规定》（环环评〔2024〕41 号）的要求，经江苏省生态环境厅江苏省生态环境分区管控综合服务系统查询，本项目所在地块位于扬州市中心城区（邗江区）重点管控单元（编码：ZH32100320214）内，评价范围内不涉及优先保护单元和一般管控单元。对照《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2022），本项目评价范围内不涉及受影响的重要物种、生态敏感区以及其他需要保护的物种、种群、生物群落及生态空间等生态保护目标。

本项目主要考虑 DSA 工作时可能对周围环境产生的辐射影响。本项目 DSA 机房周围 50m 评价范围（见附图 2）南侧和西侧均位于医院边界内，东侧至维扬路（最近处约 38m），北侧至扬州市交通事故保险理赔服务中心（最近处约 30m）和中国人民财产保险股份有限公司事故车辆拆检中心（最近处约 25m）。项目运行后的环境保护目标主要是本项目辐射工作人员、其他医务人员、院内病患、扬州市交通事故保险理赔服务中心和中国人民财产保险股份有限公司事故车辆拆检中心的员工和和周围公众等。详见表 7-1。

表 7-1 本项目保护目标一览表

保护对象类型	场所	环境保护目标	方位/位置	距本项目距离	人员规模	年有效剂量要求
辐射工作人员	DSA 辐射工作场所	操作技师	控制室	毗邻	6 人	5mSv
		医师、护士	DSA 机房内			

保护对象类型	场所	环境保护目标	方位/位置	距本项目距离	人员规模	年有效剂量要求
评价范围内公众	一期综合楼（1号楼）	其他医护人员	DSA辐射工作场所四周及上方、下方	1m~50m	约100人	0.1mSv
		病患、周围公众			流动人员若干	0.1mSv
	院内绿化及院内道路	其他医护人员	一期综合楼（1号楼）四周	5m~50m	约200人	0.1mSv
		病患、周围公众			流动人员若干	0.1mSv
	维扬路	周围公众	一期综合楼（1号楼）东侧	38~50m	流动人员若干	0.1mSv
	扬州市交通事故保险理赔服务中心、中国人民财产保险股份有限公司事故车辆拆检中心	周围公众	一期综合楼（1号楼）北侧	25~50m	约50人	0.1mSv

本项目不会降低评价范围内的水、气、土壤的环境功能类别和环境质量，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。

评价标准

一、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）

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；每台牙椅独立设置诊室的，诊室内可设置固定的口内牙片机，供该设备使用，诊室的屏蔽和布局应满足口内牙片机房防护要求。

6.1.5 除床旁摄影设备、便携式 X 射线设备和车载式诊断 X 射线设备外，对新建、改建和扩建项目和技术改造、技术引进项目的 X 射线设备机房，其最小有效使用面积、最小单边长度应符合表 2 的规定。

表 2 X 射线设备机房（照射室）使用面积及单边长度

机房类型	机房内最小有效使用面积 [d] m^2	机房内最小单边长度 [e] m
单管头 X 射线设备 [b]（含 C 形臂，乳腺 CBCT）	20	3.5

6.2 X 射线设备机房屏蔽

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

表 3 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

机房类型	有用线束方向铅当量 mmPb	非有用线束方向铅当量 mmPb
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；

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。

6.4.8 模拟定位设备机房防护设施应满足相应设备类型的防护要求。

6.4.10 机房出入门宜处于散射辐射相对低的位置。

6.5 X 射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求

6.5.1 每台 X 射线设备根据工作内容，现场应配备不少于表 4 基本种类要求的工作人员、受检者防护用品与辅助防护设施，其数量应满足开展工作需要，对陪检者应至少配备铅橡胶防护衣。

6.5.3 除介入防护手套外，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.25mmPb；介入防护手套铅当量应不小于 0.025mmPb；甲状腺、性腺防护用品铅当量应不小于 0.5mmPb；移动铅防护屏风铅当量应不小于 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 4 个人防护用品和辅助防护设施配置要求

放射检查类型	工作人员		受检者	
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施
介入放射操作	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套 选配：铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏/铅防护吊帘、床侧防护帘/床侧防护屏 选配：移动铅防护屏风	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套 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 GBZ 128 的规定。

三、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）

5.3 佩戴

5.3.1 对于比较均匀的辐射场，当辐射主要来自前方时，剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般在左胸前或锁骨对应的领口位置；当辐射主要来自人体背面时，剂量计应佩戴在背部中间。

5.3.2 对于如介入放射学、核医学放射性药物分装与注射等全身受照不均匀的工作情况，应在铅围裙外锁骨对应的领口位置佩戴剂量计。

5.3.3 对于 5.3.2 所述工作情况，建议采用双剂量计监测方法（在铅围裙内躯干上再佩戴另一个剂量计），且宜在身体可能受到较大照射的部位佩戴局部剂量计（如头箍剂量计、腕部剂量计、指环剂量计等）。

四、项目管理目标

综合考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）和《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的标准要求及本项目实际情况确定。

（一）剂量约束值

本项目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；

（二）辐射剂量率控制水平

DSA 透视条件下：距 DSA 机房墙体、门、窗表面外 30cm 处、顶棚上方（楼上）距顶棚地面 100cm 处、地面下方（楼下）距楼下地面 170cm 处的辐射剂量率目标控制值均为 2.5μSv/h。

DSA 摄影条件下：“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”。

五、参考资料

（一）《辐射防护导论》，方杰主编。

（二）《辐射防护手册（第一分册）》，李德平、潘自强著。

（三）《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。

江苏省环境天然γ辐射（空气吸收）剂量率（单位：nGy/h）

	原野	道路	室内
测量范围	33.1~72.6	18.1~102.3	50.7~129.4
均值	50.4	47.1	89.2
标准差（s）	7.0	12.3	14.0

注：测量值不含宇宙射线电离成分；现状评价时，取测值范围数值：即原野为（33.1～72.6）nGy/h；道路为（18.1～102.3）nGy/h；室内为（50.7～129.4）nGy/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

扬州友好医院邗江区四望亭路院区位于扬州市邗江区四望亭路 446 号，医院东侧为维扬路，南侧为四望亭路，西侧为景汇华府小区，北侧为扬州市交通事故保险理赔服务中心及中国人民财产保险股份有限公司事故车辆拆检中心。本项目地理位置示意见附图 1，邗江区四望亭路院区整体平面布置和周围环境示意图见附图 2。

一期综合楼（1 号楼）东侧、南侧和北侧均为院内绿化和院内道路，西侧为二期综合楼（2 号楼）、院内绿化和院内道路。一期综合楼（1 号楼）负一楼至二楼平面布局及周围环境示意图见附图 3~附图 5。

医院拟将邗江区四望亭路院区一期综合楼（1 号楼）一楼东北部区域部分房间（现状为高压氧舱、消毒室、更衣室、办公室）改造为 1 间 DSA 机房及配套附属功能房，并在 DSA 机房内新增一台 DSA。改造区域内正在进行清拆工作。本项目 DSA 机房东侧为风井和电井，南侧为室内过道，西侧为控制室和缓冲区，北侧为院内绿化和设备间，楼上为检验科实验室，楼下为高压氧舱设备间。

本项目 DSA 机房周围 50m 评价范围（见附图 2）南侧和西侧均位于医院边界内，东侧至维扬路（最近处约 38m），北侧至扬州市交通事故保险理赔服务中心（最近处约 30m）和中国人民财产保险股份有限公司事故车辆拆检中心（最近处约 25m）。项目运行后的环境保护目标主要是本项目辐射工作人员、其他医务人员、院内病患、扬州市交通事故保险理赔服务中心和中国人民财产保险股份有限公司事故车辆拆检中心的员工和和周围公众等。本项目 DSA 机房及配套附属功能房拟建址现状及周围环境见图 8-1~图 8-7，拟建址现状平面布置示意图见附图 6。





图 8-1 本项目 DSA 机房及配套附属功能房拟建址（现状为高压氧舱、消毒室、更衣室、办公室）



图 8-2 本项目 DSA 机房及配套附属功能房拟建址东侧（院内绿化）



图 8-3 本项目 DSA 机房及配套附属功能房拟建址南侧（室内过道）



图 8-4 本项目 DSA 机房及配套附属功能房拟建址西侧（空调机房）



图 8-5 本项目 DSA 机房及配套附属功能房北侧（院内绿化和院内道路）



图 8-6 本项目 DSA 机房及配套附属功能房楼上（检验科实验室）



图 8-7 本项目 DSA 机房及配套附属功能房楼下（高压氧舱设备间）

二、辐射环境现状调查

根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）、《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）相关方法和要求，在进行环境现场调查时，于本项目拟建址及周围环境进行布点，测量辐射现状剂量率。监测报告详见附件 6，监测结果见表 8-1，监测点位示意图见图 8-8。

监测单位：南京瑞森辐射技术有限公司

检测仪器：6150 AD6/H+6150 AD-b/H 型 X-γ辐射监测仪（设备编号：NJRS-126，检定有效期：2024 年 10 月 28 日~2025 年 10 月 27 日，检定单位：江苏省计量科学研究院，检定证书编号：Y2024-0107802）

能量响应：20keV～7MeV

测量范围：1nSv/h～99.9μSv/h

监测日期：2024 年 12 月 5 日

监测因子：γ辐射剂量率

天气：晴

温度：11℃

湿度：65%RH

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瑞森辐射技术有限公司已通过检验检测机构资质认定（证书编号：221020340350，检测资质见附件 7），具备有相应的检测资质和检测能力，监测按照南京瑞森辐射技术有限公司《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，手持仪器或将仪器固定在三脚架上。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，换算系数分别取 1.20Sv/Gy。

监测人员、监测仪器及监测结果质量保证：监测人员均经过考核，监测仪器经过计量部门检定，并在有效期内，监测仪器使用前经过校准或检验，监测报告实行三级审核。

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

表 8-1 扬州友好医院新增 1 台 DSA 项目拟建址周围γ辐射剂量率

编号	测点描述	测量结果（nGy/h）	备注
1	DSA 机房及其辅助用房拟建址内	80	楼房室内
2	DSA 机房及其辅助用房拟建址东侧（室外绿化）	82	道路
3	DSA 机房及其辅助用房拟建址南侧（室内过道）	74	楼房室内
4	DSA 机房及其辅助用房拟建址西侧（空调机房）	72	楼房室内
5	DSA 机房及其辅助用房拟建址北侧（室外绿化和院内道路）	78	道路
6	DSA 机房及其辅助用房拟建址楼上（检验科实验室）	59	楼房室内
7	DSA 机房及其辅助用房拟建址楼下（高压氧舱设备间）	66	楼房室内
8	一期综合楼（1 号楼）北侧中国人民财产保险股份有限公司事故车辆拆检中心	67	平房室内
9	一期综合楼（1 号楼）东北侧扬州市交通事故保险理赔服务中心	78	楼房室内

注：1.上表数据已扣除检测仪器宇宙射线响应值，本次检测所用仪器宇宙射线响应值为 25nGy/h。

2.环境γ辐射剂量率测量结果按照《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）中公式$\dot{D} = C_f\left(E_f\dot{X} - \mu_c\dot{X_c}'\right)$计算，其中，$C_f$为仪器量程检定/校准因子；$E_f$为仪器检验源效率因子；$\dot{X}$为现场监测时仪器 n 次读数的平均值（n≥10）；μ_c为建筑物对宇宙射线带电粒子和光子的屏蔽因子，楼房取值为 0.8，平房取值为 0.9，原野、道路取值为 1；$\dot{X_c}'$为测点处仪器对宇宙射线的响应值。

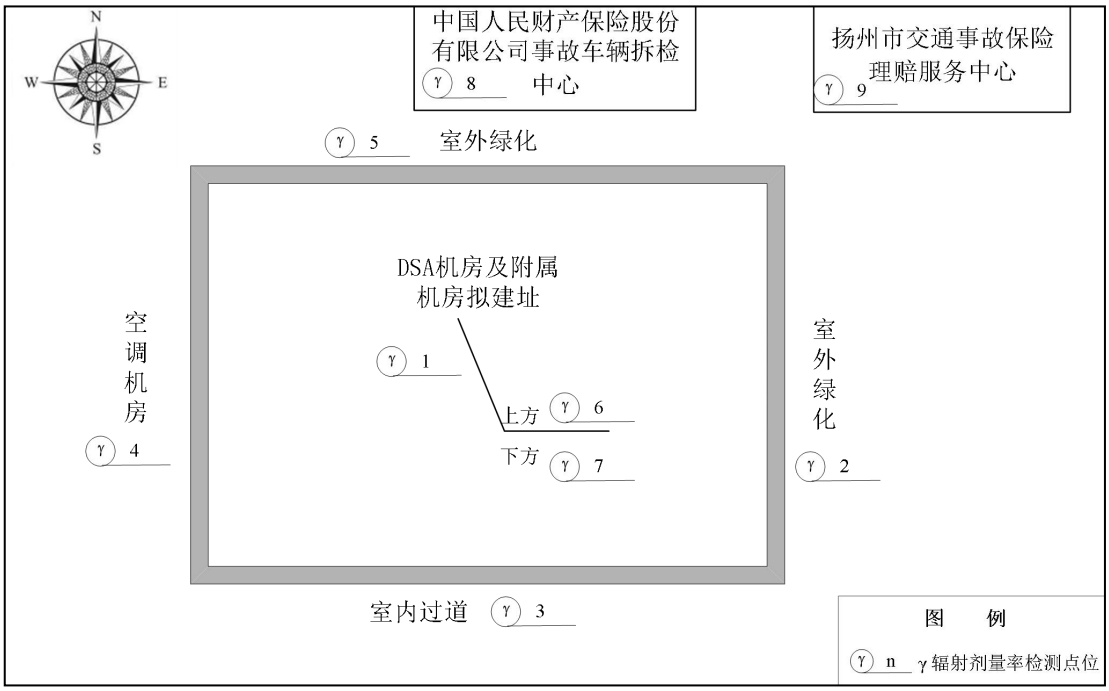


图 8-8 扬州友好医院新增 1 台 DSA 项目拟建址周围γ辐射监测点位示意图

由表 8-1 监测结果可知，扬州友好医院新增 1 台 DSA 项目拟建址及周围环境扣除仪器宇宙射线响应值后室内γ辐射剂量率为（59~80）nGy/h，拟建址所在建筑物周围道路γ辐射剂量率为（78～82）nGy/h，本项目拟建址及周围环境各监测点位γ辐射水平处于江苏省环境天然贯穿辐射水平测值范围内。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备与工艺分析

扬州友好医院邗江区四望亭路院区当前只有一台 DSA 装置，难以满足日益增长的患者就诊需求，现拟新增 1 台 DSA 装置以缓解就诊压力。医院拟在邗江区四望亭路院区一期综合楼（1 号楼）一楼东北部改建 1 间 DSA 机房，拟新增 1 台 Artis zee III ceiling 型 DSA（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。

一、工程设备

DSA 因其整体结构像大写的“C”，因此也称作 C 形臂 X 光机，DSA 由 X 射线发生装置（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。本项目 DSA 外观示意图 9-1，本项目配备的 DSA 主要设备技术参数见表 9-1，配套设备配置情况见表 9-2。

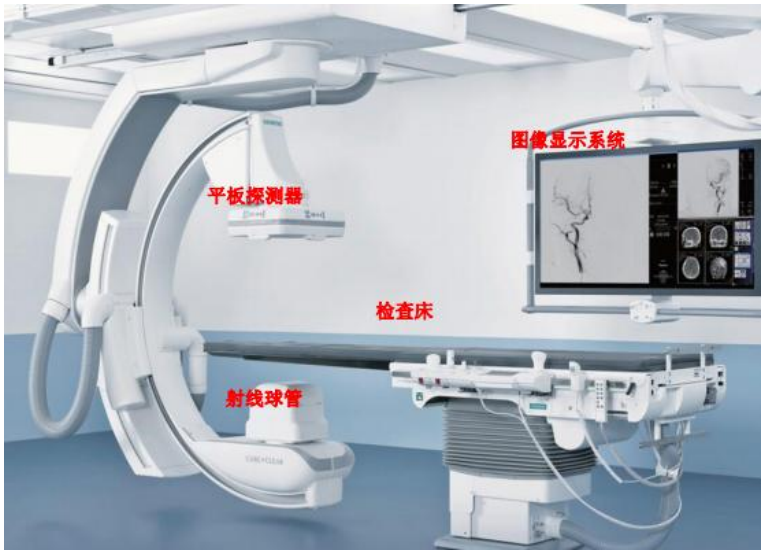


图 9-1 本项目 Artis zee III ceiling 型 DSA 外观图

表 9-1 本项目 DSA 主要设备技术参数

指 标	技 术 参 数*
型号	Artis zee III ceiling（单球管）
设备供应商	西门子医疗系统有限公司
额定管电压、管电流	125kV、1000mA
X 射线球管滤过条件	固有滤过 0.5mmCu+附加滤过
焦皮距	≥45cm

距离阳极靶 1m 处由主束产生的比释动能率	0.8mGy·m^2·mA^{-1}·min^{-1}
焦点 1m 处的泄漏辐射空气比释动能率	1.0mGy/h
最大照射野	30cm×40cm

注：*设备型号、技术参数由建设单位及供货商提供，见附件 2。

表 9-2 本项目 DSA 配套设备一览表

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

二、工作原理及工作流程

（一）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 是通过电子计算机进行辅助成像的血管造影方法，是应用计算机程序进行两次成像完成的。在注入造影剂之前，首先进行第一次成像，并用计算机将图像转换成数字信号储存起来。注入造影剂后，再次成像并转换成数字信号。两次数字相减，消除相同的信号，得到一个只有造影剂的血管图像。这种图像较以往所用的常规血管造影所显示的图像更清晰和直观，一些精细的血管结构亦能显示出来。且对比度分辨率高，减去了血管以外的背景，尤其使与骨骼重叠的血管能清楚显示；由于造影剂用量少、浓度低、损伤小、较安全，节省胶片使造影价格低于常规造影。通过医用血管造影 X 射线机处理的图像，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。

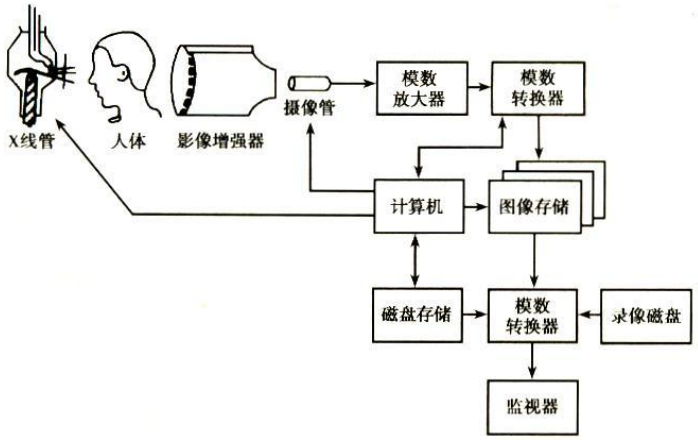


图 9-2 DSA 系统结构图

DSA 是引导介入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。

（二）工作流程及产污环节分析

患者在进行DSA诊断以及在DSA引导下进行介入治疗时，麻醉成功后，先仰卧进行无菌消毒，经皮穿刺动脉，送入引导钢丝及扩张血管外鞘，退出钢丝及扩张管将外鞘保留于动脉内，经鞘插入导管，推送导管，在线透视下将导管送达责任血管，做造影，球囊扩张，填塞，取栓等操作并留X线片记录，操作结束，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：

1、DSA检查

DSA检查（诊断）采用隔室操作方式，通过控制DSA的X射线系统曝光，采集造影部位图像，然后通过导管加压注入造影剂，注入造影剂时进行透视曝光，造影剂注入完成后进行摄影曝光，获得减影图像。具体方式是受检者位于检查床上，医护人员调整X射线球管、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。医师、技师通过控制室的电子计算机系统控制DSA的X射线系统曝光，采集造影部位图像。医师进入DSA机房，操作DSA在透视模式下为受检者注入造影剂，完成后医师回到控制室，关好防护门，对受检者进行隔室摄影曝光，采集造影部位图像。医师根据该图像确诊患者病变的范围、程度，选择治疗方案。

2、DSA治疗

医师采取近台同室操作方式，通过控制DSA的X射线系统曝光，对患者的部位进行透视。具体方式是受检者位于手术床上，介入手术医师位于手术床一旁，距DSA的X射线管0.5~1.0m处。介入治疗中，医师根据操作需求，踩动手术床下的脚踏开关启动DSA的X射线系统进行透视，通过显示屏上显示的连续画面，完成介入操作。DSA机房内配备个人防护用品（如铅衣、铅围裙、铅围脖、铅眼镜等），同时手术床旁设有床下铅帘和悬吊铅屏风。

DSA的产污环节分析：

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。DSA 项目工作流程及产污环节如图 9-3。

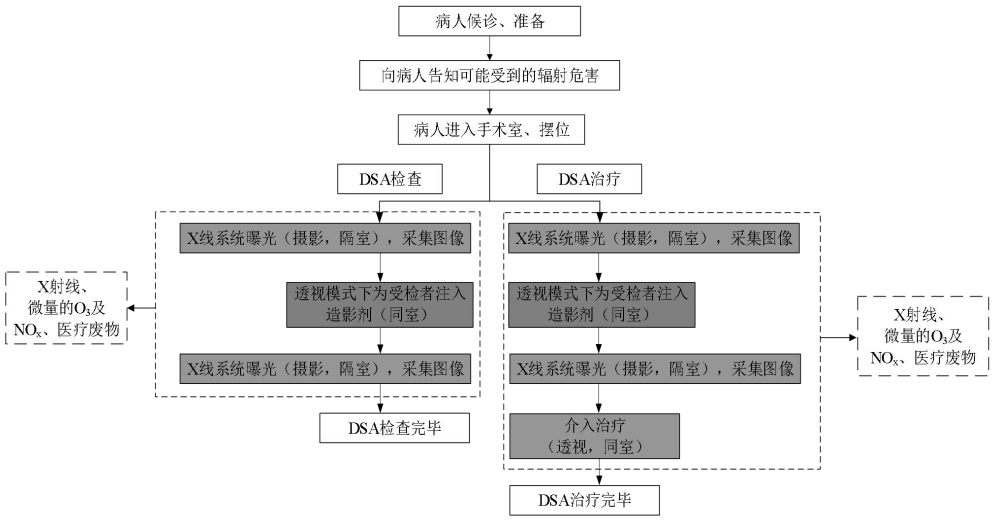


图 9-3 本项目 DSA 工作流程及产污环节示意图

工作负荷：根据医院提供的资料（附件 2），预估 DSA 的工作负荷情况见表 9-3。

表 9-3 预估每台 DSA 工作负荷

（1）透视

手术类别	年开展工作量	每台手术透视曝光时间	年透视曝光时间
心脏介入	125 台	约 25min	约 52.1h
神经介入	60 台	约 15min	约 15.0h
综合介入	85 台	约 20min	约 28.4h
小计	/	/	约 95.5h

（2）摄影

手术类别	年开展工量	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	125 台	0.5~1s	6～10 次	约 0.17min	约 0.35h
神经介入	60 台	0.5~1s	7～11 次	约 0.18min	约 0.18h
综合介入	85 台	0.5~1s	3～10 次	约 0.17min	约 0.24h
小计	/	/	/	/	约 0.77h
总 计					约 96.3h

人员配置：本项目拟在医院内部调配 6 名工作人员，其中医师 3 人，技师 2 人，护士 1 人，年工作 250 天，均为医院原有辐射工作人员。医院原有辐射工作人员均

已参加并通过“医学X射线诊断与介入放射学”辐射安全与防护考核，并取得培训合格证书且在有效期内；均已进行职业健康体检与个人剂量监测并建立相关档案。

项目开展后，护士在透视模式下主要承担在控制室隔室观察患者、记录手术情况的工作，少部分时间承担同室在铅屏风后传递医疗器械及辅助医生手术的工作，摄影模式下，护士在控制室隔室观察患者、记录手术情况；技师在透视模式和摄影模式下均位于控制室隔室操作；医生在透视模式下同室对患者进行手术操作，摄影模式下在控制室隔室观察患者情况，操作方式既有同室操作又有隔室操作。DSA机房内和机房外辐射工作不进行轮换，不兼职其它辐射工作。今后医院根据开展项目的实际情况做适当调整。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95.5h，技师在操作台进行隔室操作设备，包括透视及摄影，其年接触射线时间不超过96.3h。

医院辐射安全和防护设施运行良好，定期开展了维护工作，定期检查防护情况，发现的隐患及时处理；医院已制定和完善了相应辐射安全和防护制度及措施，各项制度和措施得到了落实。医院自开展核技术利用项目以来未发生过辐射事故，暂无需要改进完善的情况。

污染源项描述

一、放射性污染

DSA在工作状态下会发出X射线，配置的1台DSA最大管电压为125kV、最大管电流为1000mA，其主要用作血管造影检查及配合介入治疗，由于存在影像增强器，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。而介入放射需要长时间的透视和大量的摄片，对患者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。

（一）有用线束

本项目DSA的有用线束透射方向为由下至上。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留有一定的裕量。根据医院及设备供应商提供的资料（附件2），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100mA，摄影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，摄影模式的工况为（60～100）kV/（100～500）mA。

DSA运行时离靶1米处的X射线发射率根据运行时管电压和DSA的X射线管的过滤条件从《辐射防护导论》（方杰著）附图3中查取。本项目DSA过滤装置采用束光器自带0.5mmCu过滤片+附加过滤器，按照过滤材料为0.5mmCu滤片进行剂量预测，查《辐射防护导论》附图3，本项目正常运行时最大电压为80kV，离靶1米处的发射率约为0.8mGy·m^2/mA·min。

（二）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：基本安全和基本性能的通用要求 并列标准：诊断X射线设备的辐射防护》（GB 9706.103-2020）中12.4的相应要求，取本项目DSA离焦点1m处的泄漏辐射空气比释动能率为1.0mGy/h。

（三）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。

二、非放射性污染

（一）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。

（二）废水：主要是工作人员产生的生活污水。

（三）固体废物：主要是工作人员产生的生活垃圾和DSA手术过程中产生的棉签、纱布、手套、器具等医疗废物。

表 10 辐射安全与防护

项目安全措施

一、工作场所布局及分区

本项目 DSA 机房拟建址位于邗江区四望亭路院区一期综合楼（1 号楼）一楼东北部区域，主要涉及墙体隔断与内饰装潢的改造。本项目 DSA 机房改造前周围平面布局见图 10-1，DSA 机房改造后平面布局及分区示意图见图 10-2，患者、医护人员及污物路线示意图见 10-3。

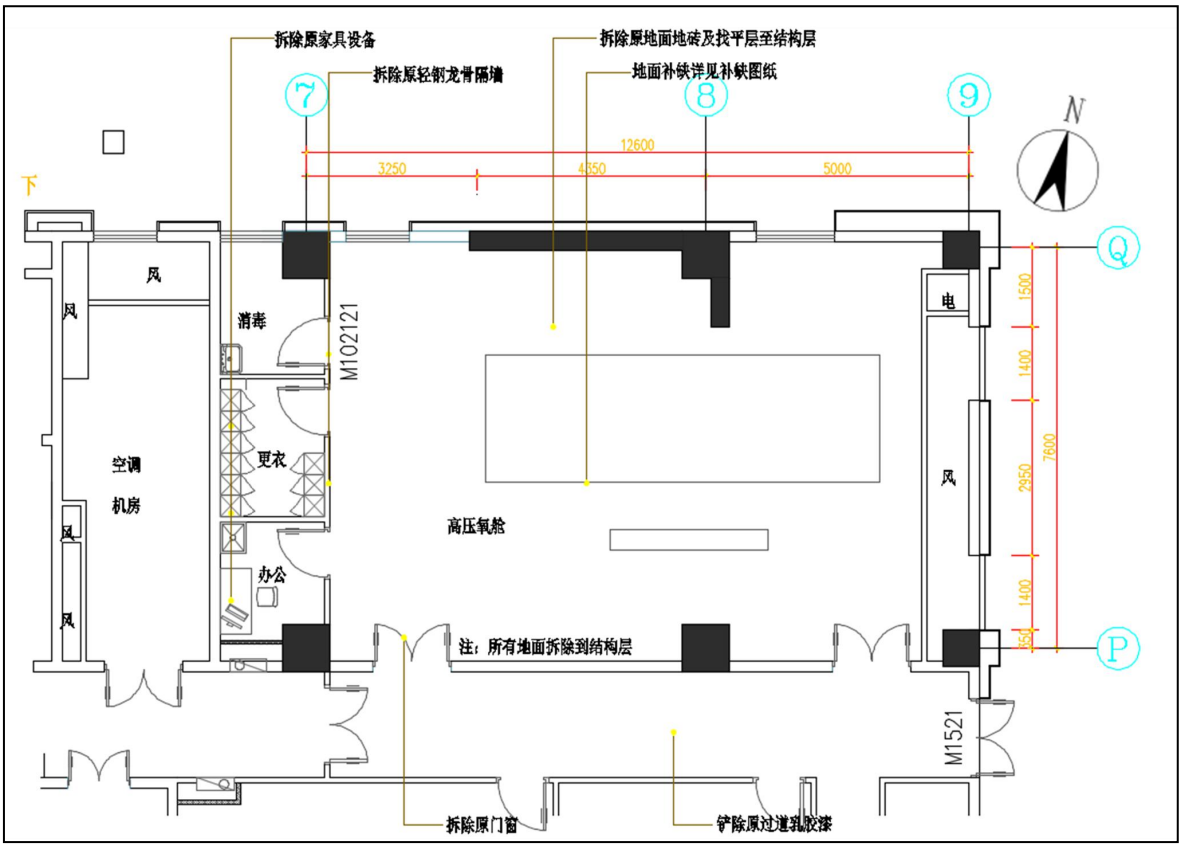


图 10-1 本项目 DSA 机房改造前周围平面布局图

本项目 DSA 机房东侧为风井和电井，南侧为室内过道，西侧为控制室和缓冲区，北侧为院内绿化和设备间，楼上为检验科实验室，楼下为高压氧舱设备间。

本项目 1 台 DSA 配套独立用房，DSA 机房控制室与诊断机房分开单独布置，区域划分明确，平面和空间布局合理，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中关于选址与布局的规定。

本项目将 DSA 机房作为辐射防护控制区，在机房入口处粘贴电离辐射警告标志；拟将与机房相邻的控制室、设备间、缓冲区和机房南部室内过道划为监督区，

拟在监督区进出口处的适当地点设立表明监督区的标牌。本项目辐射防护分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定。

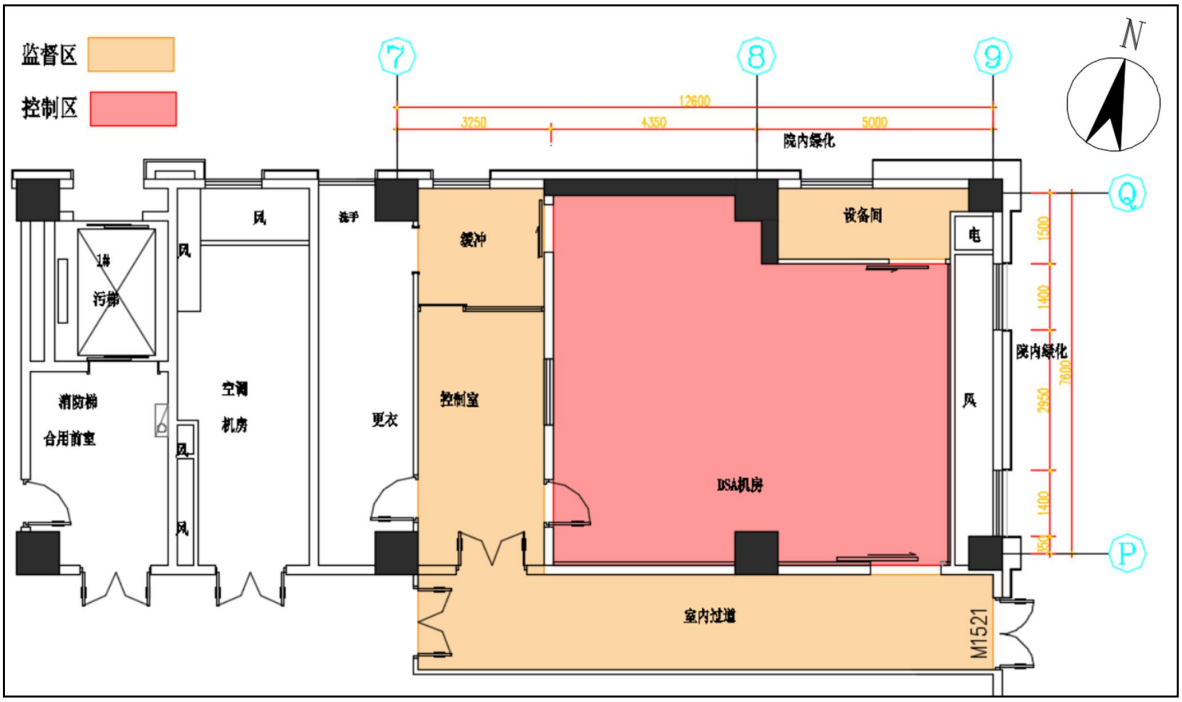


图 10-2 本项目 DSA 机房改造后平面布局及分区示意图

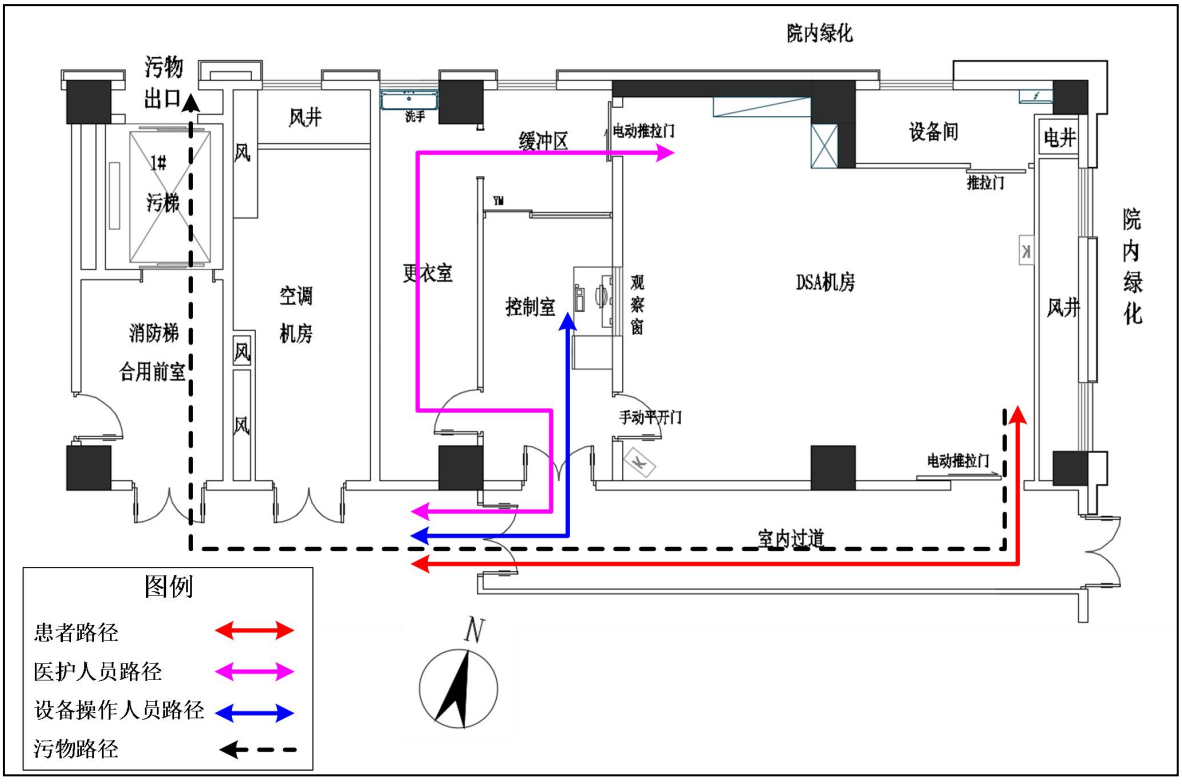


图 10-3 本项目患者、医护人员及污物路线示意图

二、辐射防护屏蔽设计

本项目 DSA 机房位置原为高压氧舱，原有墙体结构无铅玻璃观察窗、铅防护门等专门辐射防护结构。根据本项目屏蔽防护要求，改造内容主要包括四周墙体、顶棚、地面增设屏蔽防护材料；原普通窗、门等置换为铅玻璃观察窗、铅防护门等；增设工作状态指示灯、门灯联动装置等辐射防护设施。本项目 DSA 机房辐射防护设计见表 10-1，DSA 机房防护设计平面、剖面示意见图 10-4~图 10-5，电缆沟设计示意见图 10-6。

表 10-1 本项目 1 座 DSA 机房屏蔽设计一览表

屏蔽体	屏蔽设计（屏蔽体厚度及材质）
四周墙体	龙骨架+4mm 铅板
顶棚	200mm 砼+20mm 硫酸钡板
地面	200mm 砼+20mm 硫酸钡防护涂料
防护门（4 扇）	内衬 4mm 铅板
观察窗	4mm 铅当量铅玻璃
其他	机房管道穿墙孔、线缆管线口处拟采用 4mm 铅板进行防护补偿；机房内拟设置机械通风装置；门与墙之间的拟搭接宽度是门与墙间隙的 10 倍。

注：1.铅密度为 11.3g/cm^3，砼密度不低于 2.35g/cm^3，硫酸钡板和硫酸钡防护涂料密度不低于 3.2g/cm^3；2.预计尺寸：有效使用面积为 47.5m^2（5.65m×8.40m），一楼地面标高 0.00m，二楼地面标高 4.70m，负一楼地面标高-5.00m。

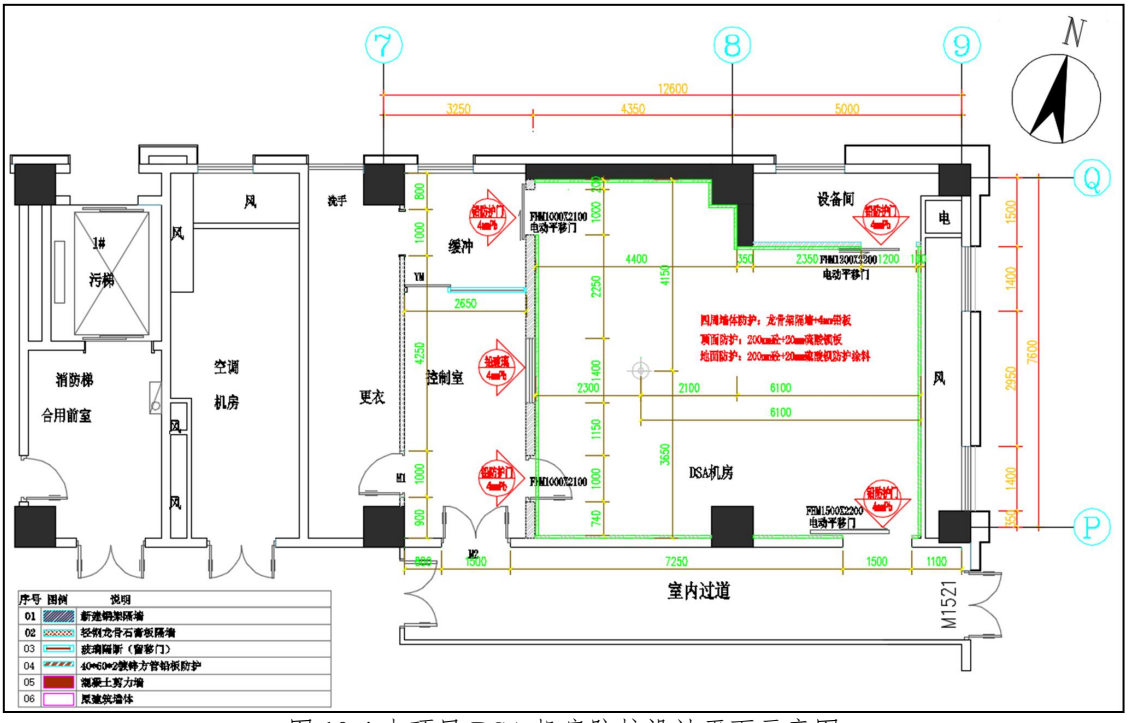


图 10-4 本项目 DSA 机房防护设计平面示意图

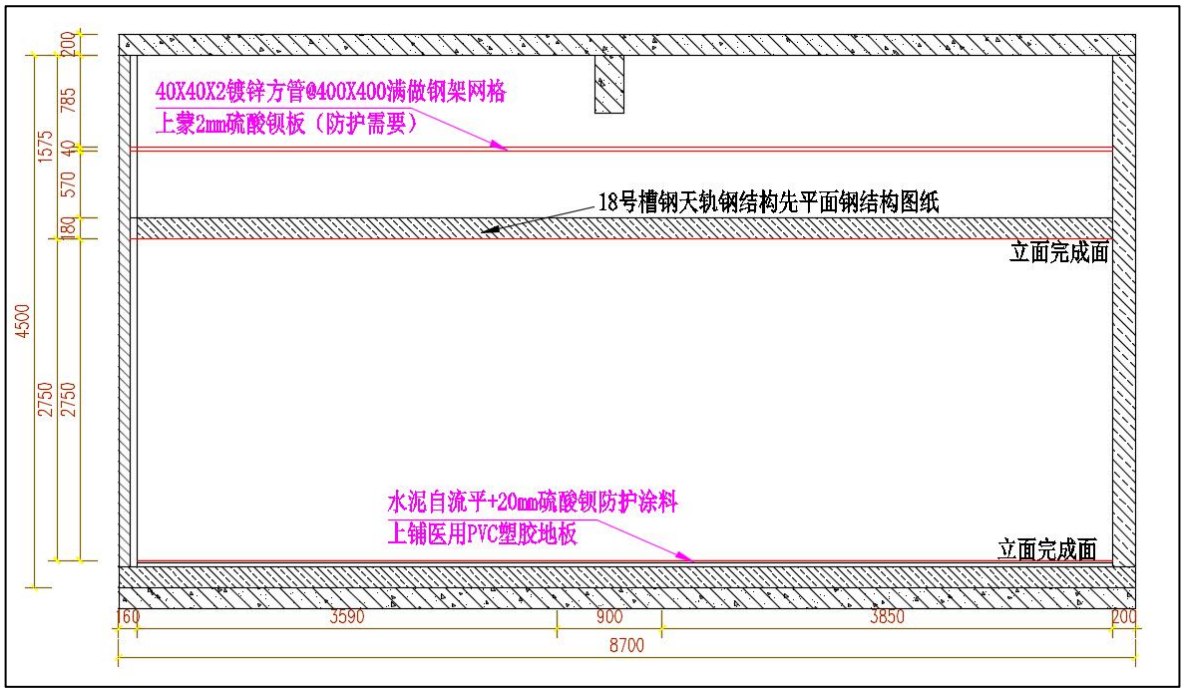


图 10-5 本项目 DSA 机房防护设计剖面示意图

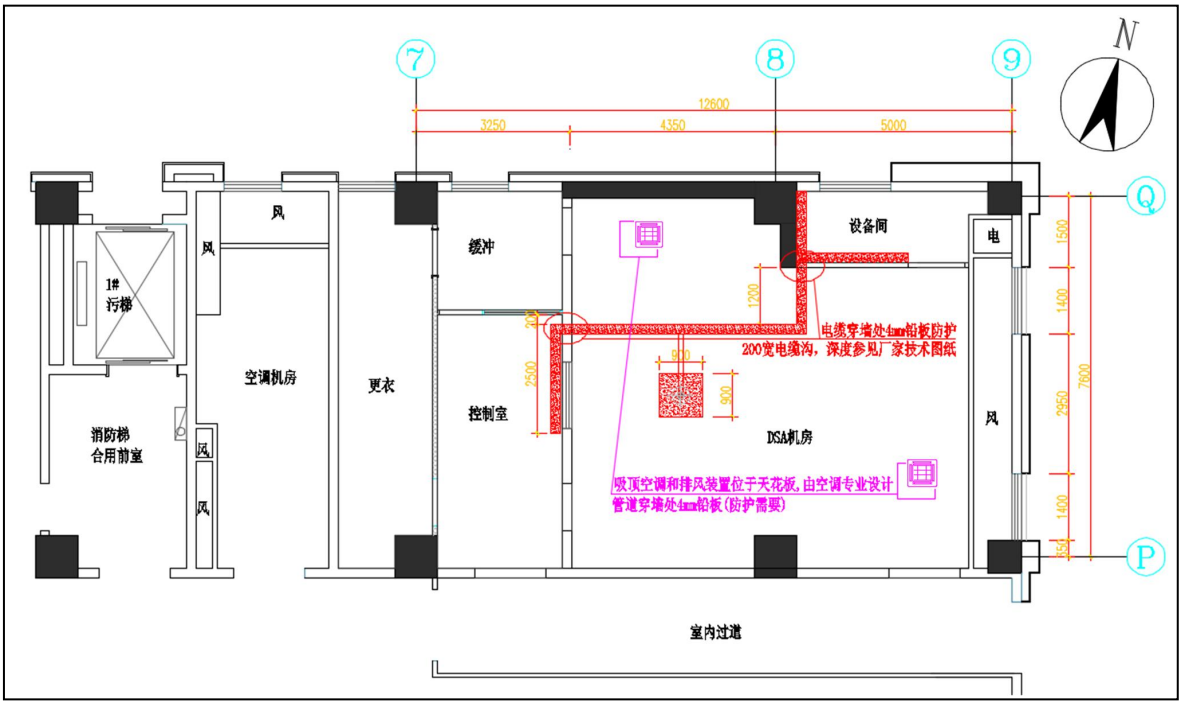


图 10-6 本项目 DSA 机房电缆沟设计示意图

三、辐射安全措施

（一）电离辐射警告标志

DSA 机房入口处拟设置“当心电离辐射”的警告标志和中文警示说明。

（二）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，灯箱上拟设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句，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。平开机房门应设有自动闭门装置，推拉式机房门应设有曝光时关闭机房门的管理措施。

（三）急停按钮

DSA控制室拟设置1个急停按钮，机房内的治疗床边操作面板自带1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。

（四）观察窗或摄像监控装置和对讲装置

DSA机房设置有观察窗，可有效观察到患者和受检者状态及防护门开闭情况。操作台上设置对讲装置。

（五）防护用品

医院拟为本项目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、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套、剂量报警仪、个人剂量计等，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，其防护能力均不低于0.5mm铅当量。

（六）人员监护

医院拟为本项目配备6名辐射工作人员（医院原有辐射工作人员），已为辐射工作人员配备个人剂量计，定期送检且做好个人剂量档案管理工作。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。

（七）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辐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。

（八）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，对病人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，其辐射损伤必须要加以考虑。由于需要

医务人员在机房内，X射线球管工作时产生的散射线对医务人员有较大影响，根据辐射防护“三原则”，医院还应在以下方面加强对介入治疗的防护工作：

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、所有在介入治疗机房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、辐射监测等仪器。

医院已配备有辐射巡测仪1台和个人剂量报警仪2台，拟为本次新增DSA项目

增配个人剂量报警仪 2 台，同时拟为本项目辐射工作人员配备铅橡胶围裙、铅橡胶围脖、铅橡胶帽子、铅防护眼镜及介入防护手套等个人防护用品（具体配备情况见表 10-2）。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。医院已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。

表 10-2 个人防护用品和辅助防护设置配置符合性

设备名称	分项		《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求	本项目拟采取措施
DSA	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	4 件 0.5mmPb 铅橡胶围裙、 4 件 0.5mmPb 铅橡胶颈套、 4 顶 0.5mmPb 铅橡胶帽子、 1 副 0.5mmPb 铅防护眼镜、 1 副 0.025mmPb 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	1 个 0.5mmPb 铅悬挂防护屏、 1 个 0.5mmPb 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 0.5mmPb 铅橡胶围裙、 1 件 0.5mmPb 铅橡胶围脖
		辅助防护设施	/	/

三废治理

一、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，臭氧在常温下约 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

工作人员和部分病人产生的生活污水，由将进入医院污水处理站，处理达标后排入城市污水管网，对周围环境影响较小。

三、固废

本项目 DSA 手术过程中产生的棉签、纱布、手套、器具等医疗废物暂存在机房内的废物桶，手术结束后统一集中分类收集，作为医疗废物由医院统一委托有资质单位进行处置；工作人员和病人产生的生活垃圾，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

扬州友好医院新增 1 台 DSA 项目拟建址位于邗江区四望亭路院区一期综合楼（1 号楼）一楼东北部区域，土建部分已纳入主体工程建设完成，建设时主要工作为墙体隔断与内饰装潢，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：

一、大气：本项目在建设施工期需进行的墙体隔断等作业，各种施工将产生地面扬尘，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：及时清扫施工场地，设立围挡，并保持施工场地一定的湿度。

二、噪声：整个建筑施工阶段，如墙体连接、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。

三、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，委托由有资质的单位清运，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。

四、废水：项目施工期间，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，并经隔渣后排放。

医院在施工阶段计划采取上述污染防治措施，将施工期的影响控制在医院院区内部，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

（一）DSA 机房的屏蔽防护铅当量厚度与标准要求的相符性分析评价

1、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主束方向为由下向上，出束方向随球管转动而改变，球管转动方向为南北向，出束角度为±180°。由表10-1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）混凝土和硫酸钡板、地面（非有用线束投射方向）的混凝土和硫酸钡防护涂料，及西墙（非有用线束投射方向）的铅玻璃。本项目按额定管电压125kV主束方向的极端条件核算DSA机房各屏蔽部位屏蔽材料的等效铅当量厚度。

（1）混凝土的等效铅当量厚度核算：

按照GBZ 130-2020中C.1.2 b）给出的计算公式进行计算：

$$X=\frac{1}{\alpha\gamma}In(\frac{B^{-\gamma}+\frac{\beta}{\alpha}}{1+\frac{\beta}{\alpha}})$$ 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（本项目为混凝土）对相应管电压X射线辐射衰减的有关的拟合参数；

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

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

式中：B—给定铅厚度的屏蔽透射因子；

α、β、γ—铅对相应管电压X射线辐射衰减的有关的拟合参数；

X—铅厚度。

由GBZ 130-2020中表C.2查取125kV管电压工况下X射线（主束）辐射衰减的有关的拟合参数，由NCRP147报告TABLE A.1、TABLE C.1查取80kV管电压工况下X射线（主束）辐射衰减的有关的拟合参数和70kV管电压工况下X射线（散射）辐射衰减的有关的拟合参数，列于表11-1：

表11-1 不同管电压工况下X射线辐射衰减的有关的拟合参数

管电压	屏蔽材料	α	β	γ	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	
80kV（主束）	铅	4.040	21.69	0.7187	常用最大管电压
70kV（散射）	铅	5.369	23.49	0.5883	

本项目机房屏蔽部位涉及的200mm混凝土分别按公式11-2、公式11-1计算其屏蔽透射因子*B*、等效铅当量厚度*X*，计算结果列于表11-2。

表11-2 混凝土的屏蔽透射因子*B*、等效铅当量厚度*X*计算结果

管电压	屏蔽材料	屏蔽透射因子*B*	等效铅当量厚度*X*（mm）
125kV（主束）	200mm混凝土	1.87E-04	2.63

（2）硫酸钡板和硫酸钡防护涂料的等效铅当量厚度核算

本项目DSA机房顶面的屏蔽材料使用了硫酸钡板，地面的屏蔽材料使用了硫酸钡防护涂料，但GBZ 130-2020表C.4～表C.7中缺相应数据，采用以下方法估算相应屏蔽材料的等效铅当量厚度：

《辐射防护导论》（方杰著）P88给出的相应屏蔽材料的等效混凝土厚度的估算公式：

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

式中：d_1—相应屏蔽材料厚度（本项目为硫酸钡板和硫酸钡防护涂料），mm；

d_2—相应屏蔽材料的等效混凝土厚度，mm；

ρ_1—相应屏蔽材料密度，本项目硫酸钡板和硫酸钡防护涂料取3.2g/cm^3；

ρ_2—混凝土密度，取2.35g/cm^3。

首先按公式11-3计算其铅当量厚度，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

相应屏蔽材料	相应屏蔽材料密度（g/cm^3）	混凝土密度（g/cm^3）	相应屏蔽材料厚度（mm）	等效混凝土厚度（mm）
硫酸钡板/硫酸钡防护涂料	3.2	2.35	20	27

然后再分别按公式11-3、公式11-2、公式11-1计算上述硫酸钡板和硫酸钡防护涂料的屏蔽透射因子*B*、铅当量厚度*X*，计算结果列于表11-4。

表11-4 相应屏蔽材料蔽透射因子B、铅当量厚度X计算结果

屏蔽材料	屏蔽透射因子*B*	铅当量厚度*X*（mm）
20mm硫酸钡板/硫酸钡防护涂料	0.146	0.28

（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 DSA 机房屏蔽体等效铅当量厚度核算及其与标准要求对比

参数		设计厚度	125kV 等效铅当量	屏蔽要求 [1)]	评价
DSA 机房	东、西墙体 [2)]	龙骨架+4mm 铅板	4.00mm	C 形臂 X 射线设备机房：有用线束方向 2.0mm 铅当量，非有用线束方向 2.0mm 铅当量。	满足
	南、北墙体 [3)]	龙骨架+4mm 铅板	4.00mm		满足
	顶面 [3)]	200mm 砼+20mm 硫酸钡板	2.91mm		满足
	地面 [2)]	200mm 砼+20mm 硫酸钡防护涂料	2.91mm		满足
	防护门 [2)]	内衬 4mm 铅板	4.00mm		满足
	观察窗 [2)]	4mm 铅当量铅玻璃	4.00mm		满足
	机房面积	南北长 5.65m（最小单边长度），东西长 8.40m，有效使用面积为 47.5m^2。		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》（GBZ 130-2020）表 3；
[2)] 为非有用线束方向；
[3)] 为有用线束方向。

由上表可知，扬州友好医院本项目拟改建的 DSA 机房在额定最大管电压 125kV 下屏蔽防护措施均能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的要求。

（二）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#-DSA 机房东侧屏蔽墙外 30cm 处，院内绿化；

2#-DSA 机房南侧外防护门 30cm 处，室内过道；

3#-DSA 机房南侧屏蔽墙外 30cm 处，室内过道；

4#-DSA 机房西侧防护门外 30cm 处，控制室；

5#-DSA 机房西侧外观察窗 30cm 处，操作台；

6#-DSA 机房西侧屏蔽墙外 30cm 处，控制室；

7#-DSA 机房西侧屏蔽墙外 30cm 处，缓冲区；

8#-DSA 机房西侧防护门外 30cm 处，缓冲区；

9#-DSA 机房北侧屏蔽墙外 30cm 处，院内绿化；

10#-DSA 机房北侧屏蔽墙外 30cm 处，设备间；

11#-DSA 机房北侧防护门外 30cm 处，设备间；

12#-DSA 机房上方距顶棚地面 100cm 处，检验科实验室；

13#-DSA 机房下方距楼下地面 170cm 处，高压氧舱设备间；

14#-中国人民财产保险股份有限公司事故车辆拆检中心墙边；

15#-扬州市交通事故保险理赔服务中心楼前；

16#-维扬路边。

共布设 16 个预测点，预测点布设见图 11-1 和图 11-2 所示。

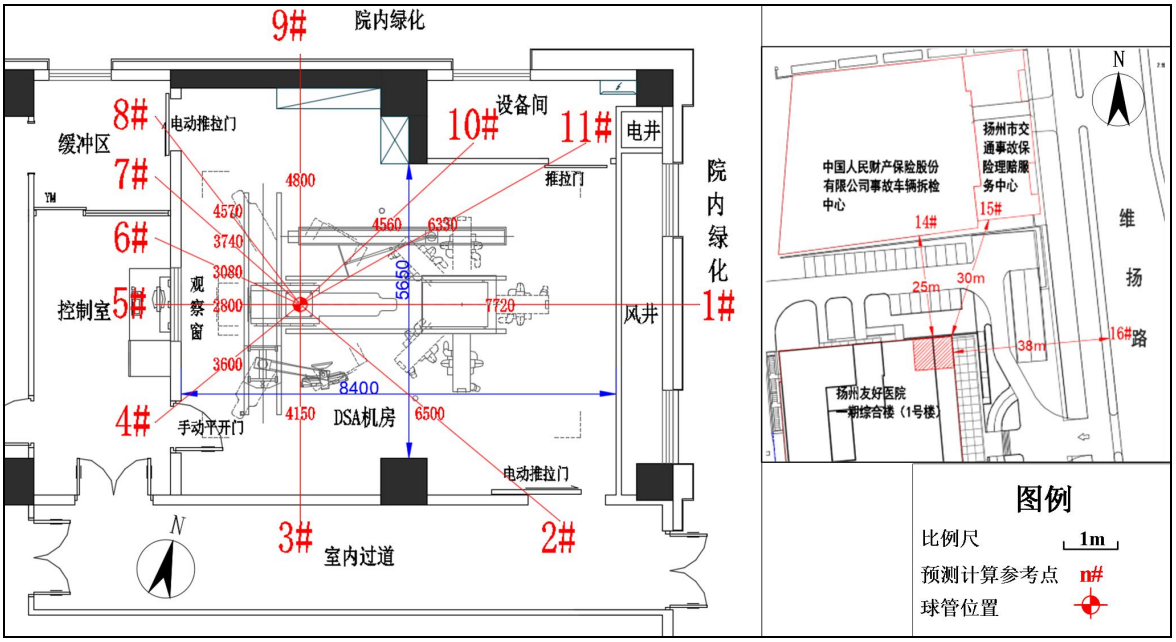


图 11-1 DSA 机房周围预测点布设平面示意图

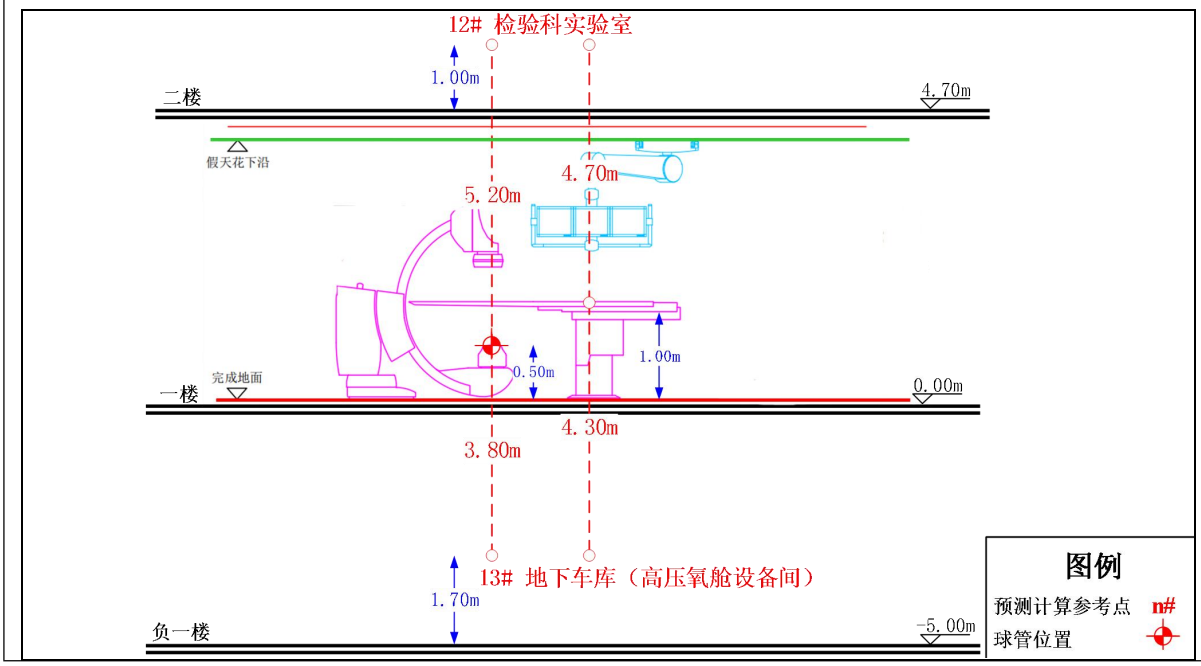


图 11-2 DSA 机房周围预测点布设纵剖面示意图

本项目 DSA 的辐射影响构成情况见表 11-6。

表 11-6 本项目 DSA 的辐射影响情况

操作模式	正常运行时最大工况	辐射影响对象
摄影模式	80kV/500mA	机房外公众、操作台操作人员
透视模式	80kV/20mA	机房外公众、操作台操作人员； 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

为了进一步评价屏蔽效果辐射防护效果，采用理论预测的方法进行影响分析。本项目介入手术过程中，DSA 图像增强器对 X 射线主束有屏蔽作用，NCRP147 号报告“Structural Shielding Design for Medical Imaging X-ray Facilities”4.1.6 节（Primary Barriers，P41-45）及 5.1 节（Cardiac Angiography，P72）指出，DSA 屏蔽估算时不需要考虑主束照射。因此本项目 DSA 需要屏蔽的辐射仅考虑泄漏辐射和散射辐射。

2、关注点处泄漏辐射影响预测

泄漏辐射存在于透视操作和摄影操作过程。泄漏辐射剂量率 $\dot{H}_L$ 采用下式计算：

$$H_L = \frac{H_i \cdot B}{r^2} \cdot K \qquad \text{公式 11-4}$$

式中：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 1.0mGy/h；

B—机房各屏蔽体的泄漏射线屏蔽透射因子，将 DSA 机房各屏蔽体的铅当量厚度 X（表 11-5）和铅对 80kV（本项目正常运行最大管电压）管电压 X 射线（主射）辐射衰减的有关的拟合参数α、β、γ值（表 11-1）代入公式 11-2，计算相应的屏蔽透射因子 B 值；

r—关注点至 X 射线源的距离；

K—有效剂量与空气比释动能转换系数，Sv/Gy，查《外照射放射防护剂量转换系数标准》（WS/T 830-2024）表 B2，对于本项目 DSA 运行时常用最大管电压 80kV，K 值取 1.67。

将有关参数代入公式 11-4，计算 DSA 机房周围关注点处、机房内介入操作人员操作位关注点处的泄漏辐射剂量率，计算结果见表 11-7。

表 11-7 DSA 机房关注点处泄漏辐射剂量率计算结果

关注点位置		H_i（mGy/h）	X（mm）	r（m）	B	$\dot{H}_L$（μSv/h）
1#-DSA 机房东侧屏蔽墙外 30cm 处，院内绿化		1.0	4.00	7.72	7.30E-09	2.04E-07
2#-DSA 机房南侧外防护门 30cm 处，室内过道		1.0	4.00	6.50	7.30E-09	2.88E-07
3#-DSA 机房南侧屏蔽墙外 30cm 处，室内过道		1.0	4.00	4.15	7.30E-09	7.07E-07
4#-DSA 机房西侧防护门外 30cm 处，控制室		1.0	4.00	3.60	7.30E-09	9.40E-07
5#-DSA 机房西侧外观察窗 30cm 处，操作台		1.0	4.00	2.80	7.30E-09	1.55E-06
6#-DSA 机房西侧屏蔽墙外 30cm 处，控制室		1.0	4.00	3.08	7.30E-09	1.28E-06
7#-DSA 机房西侧屏蔽墙外 30cm 处，缓冲区		1.0	4.00	3.74	7.30E-09	8.71E-07
8#-DSA 机房西侧防护门外 30cm 处，缓冲区		1.0	4.00	4.57	7.30E-09	5.83E-07
9#-DSA 机房北侧屏蔽墙外 30cm 处，院内绿化		1.0	4.00	4.80	7.30E-09	5.29E-07
10#-DSA 机房北侧屏蔽墙外 30cm 处，设备间		1.0	4.00	4.56	7.30E-09	5.86E-07
11#-DSA 机房北侧防护门外 30cm 处，设备间		1.0	4.00	6.33	7.30E-09	3.04E-07
12#-DSA 机房上方距顶棚地面 100cm 处，检验科实验室		1.0	5.10	5.20	5.96E-07	3.68E-05
13#-DSA 机房下方距楼下地面 170cm 处，高压氧舱设备间		1.0	2.91	3.80	5.96E-07	6.90E-05
14#-中国人民财产保险股份有限公司事故车辆拆检中心墙边		1.0	4.00	25	3.25E-08	1.95E-08
15#-扬州市交通事故保险理赔服务中心楼前		1.0	4.00	30	7.30E-09	1.35E-08
16#-维扬路边		1.0	4.00	38	7.30E-09	8.44E-09
第一术者	铅衣内	1.0	1	0.5	7.30E-09	9.55
	铅衣外	1.0	0.5	0.5	1.43E-03	91.54
第二术者	铅衣内	1.0	1	1	1.37E-02	2.39
	铅衣外	1.0	0.5	1	1.43E-03	22.88

3、关注点处散射辐射水平计算

散射辐射存在于透视操作和摄影操作过程。

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 H_s 计算公式：

$$H_s = \frac{H_0 \cdot I \cdot a \cdot (s/400) \cdot B_s}{d_0^2 \cdot d_s^2} K \qquad \text{公式 11-5}$$

式中：H_0—X 射线机发射率常数（当管电流为 1mA 时，距离阳极靶 1m 处由主束产生的比释动能率），$mGy \cdot m^2 \cdot mA^{-1} \cdot min^{-1}$，本项目取 $0.8mGy \cdot m^2 \cdot mA^{-1} \cdot min^{-1}$，即 $48000\mu Gy \cdot m^2 \cdot mA^{-1} \cdot h^{-1}$；

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

a—人体对 X 射线的散射照射量与入射照射量之比值，由《辐射防护手册（第一分册）》表 10.1 中查取。本项目最大常用管电压为 80kV，对于散射线向机房四侧墙体投射的情况，从《辐射防护手册（第一分册）》表 10.1 中采用内插法查取散射角 90º时 80kV 对应的 a 值为 0.0008（该取值适用于机房四侧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 180º的数据，表中所列散射角中以 135º最接近 180º，故从该表中散射角为 135º、管电压为 70kV、100kV 对应的 a 值采用内插法求取 80kV 对应的 a 值为 0.0016（该取值适用于机房底面关注点相应预测计算）；对于散射线向机房顶面投射的情况，因《辐射防护手册（第一分册）》表 10.1 中无散射角 0º的数据，表中所列散射角中以 30º最接近 0º，故从该表中散射角为 0º、管电压为 70kV、100kV 对应的 a 值采用内插法求取 80kV 对应的 a 值为 0.0009（该取值适用于机房顶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 $16\times16=256cm^2$；

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 ICRP 33 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；

B_s—屏蔽材料对散射线的透射因子，此处散射线是指本项目最大常用管电压（80kV，即 0.08MV）下有用线束（初级 X 射线）的散射线，器能量偏保守取有用线束侧向（散射角θ=90°）的一次散射线能量，可借鉴康普顿散射定律（参照《辐射防护手册（第一分册）》P448 公式）计算一次散射线能量 E 与入射的初级 X 射线能量 E_o 之比值 $E/E_0=1/[1+ E_0（1-\cos\theta）/0.511]= 1/[1+ 0.08（1-\cos90°）/0.511]=0.865$，继而计算一次散射线能量 E 对应的 kV 值为 80kV×0.865=69.2kV，近似取为 70kV，再利用 NCRP147 报告 TABLE C.1 查取散射线 70kV 下铅的α、β、γ拟合参数（见表 11-1）；将机房各屏蔽体和介入操作人员防护用屏蔽物的铅当量厚度 X（见表 11-5）和铅对 70kV 管电压 X 射线（主射）辐射衰减的有关的拟合参数α、β、γ值（见表 11-1）代入公式 11-2，计算相应的屏蔽透射因子 B 值；

K—有效剂量与空气比释动能转换系数，Sv/Gy，查《外照射放射防护剂量转换系数标准》（WS/T 830-2024）表 B2，按前述 90º方向一次散射线能量对应的 kV 值为 70kV，K 值取 1.60。

将前述有关参数代入公式 11-5，计算透视模式、摄影模式下 DSA 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 11-8。

表 11-8 DSA 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（μGy·m²/（mA·h））	I（mA）	X*（mm）	B_s	d_0（m）	d_s（m）	H_s（μSv/h）
1#-DSA 机房东侧屏蔽墙外 30cm 处，院内绿化	透视	48000	20	4.00	2.70E-11	0.45	7.72	1.76E-09
	摄影		500					4.40E-08
2#-DSA 机房南侧外防护门 30cm 处，室内过道	透视	48000	20	4.00	2.70E-11	0.45	6.50	2.48E-09
	摄影		500					6.21E-08
3#-DSA 机房南侧屏蔽墙外 30cm 处，室内过道	透视	48000	20	4.00	2.70E-11	0.45	4.15	6.09E-09
	摄影		500					1.52E-07
4#-DSA 机房西侧防护门外 30cm 处，控制室	透视	48000	20	4.00	2.70E-11	0.45	3.60	8.09E-09
	摄影		500					2.02E-07
5#-DSA 机房西侧外观察窗 30cm 处，操作台	透视	48000	20	4.00	2.70E-11	0.45	2.80	1.34E-08
	摄影		500					3.35E-07

关注点位置		操作模式	H_0（μGy·m²/（mA·h））	I（mA）	X*（mm）	B_s	d_0（m）	d_s（m）	H_s（μSv/h）
6#-DSA 机房西侧屏蔽墙外 30cm 处，控制室		透视	48000	20	4.00	2.70E-11	0.45	3.08	1.11E-08
		摄影		500					2.76E-07
7#-DSA 机房西侧屏蔽墙外 30cm 处，缓冲区		透视	48000	20	4.00	2.70E-11	0.45	3.74	7.50E-09
		摄影		500					1.88E-07
8#-DSA 机房西侧防护门外 30cm 处，缓冲区		透视	48000	20	4.00	2.70E-11	0.45	4.57	5.02E-09
		摄影		500					1.26E-07
9#-DSA 机房北侧屏蔽墙外 30cm 处，院内绿化		透视	48000	20	4.00	2.70E-11	0.45	4.80	4.55E-09
		摄影		500					1.14E-07
10#-DSA 机房北侧屏蔽墙外 30cm 处，设备间		透视	48000	20	4.00	2.70E-11	0.45	4.56	5.05E-09
		摄影		500					1.26E-07
11#-DSA 机房北侧防护门外 30cm 处，设备间		透视	48000	20	4.00	2.70E-11	0.45	6.33	2.62E-09
		摄影		500					6.55E-08
12#-DSA 机房上方距顶棚地面 100cm 处，检验科实验室		透视	48000	20	2.91	9.40E-09	0.45	4.70	1.86E-06
		摄影		500					4.65E-05
13#-DSA 机房下方距楼下地面 170cm 处，高压氧舱设备间		透视	48000	20	2.91	9.40E-09	0.45	4.30	3.95E-06
		摄影		500					9.87E-05
14#-中国人民财产保险股份有限公司事故车辆拆检中心墙边		透视	48000	20	4.00	2.70E-11	0.45	25	1.68E-10
		摄影		500					4.20E-09
15#-扬州市交通事故保险理赔服务中心楼前		透视	48000	20	4.00	2.70E-11	0.45	30	1.17E-10
		摄影		500					2.91E-09
16#-维扬路边		透视	48000	20	4.00	2.70E-11	0.45	38	7.27E-11
		摄影		500					1.82E-09
第一术者	铅衣内	透视	48000	20	1	2.84E-04	0.45	0.5	4.41
	铅衣外	透视	48000	20	0.5	5.35E-03	0.45	0.5	83.08
第二术者	铅衣内	透视	48000	20	1	2.84E-04	0.45	1	1.10
	铅衣外	透视	48000	20	0.5	5.35E-03	0.45	1	20.77

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率理论估算结果汇总见表 11-9。

表 11-9 DSA 机房关注点处辐射剂量率计算统计结果

关注点位置	操作模式	X 射线辐射剂量率（μSv/h）		
		散射线	漏射线	合计
1#-DSA 机房东侧屏蔽墙外 30cm 处，院内绿化	透视	1.76E-09	2.04E-07	2.06E-07
	摄影	4.40E-08		2.48E-07
2#-DSA 机房南侧外防护门 30cm 处，室内过道	透视	2.48E-09	2.88E-07	2.91E-07
	摄影	6.21E-08		3.50E-07
3#-DSA 机房南侧屏蔽墙外 30cm 处，室内过道	透视	6.09E-09	7.07E-07	7.13E-07
	摄影	1.52E-07		8.60E-07
4#-DSA 机房西侧防护门外 30cm 处，控制室	透视	8.09E-09	9.40E-07	9.48E-07
	摄影	2.02E-07		1.14E-06
5#-DSA 机房西侧外观察窗 30cm 处，操作台	透视	1.34E-08	1.55E-06	1.57E-06
	摄影	3.35E-07		1.89E-06
6#-DSA 机房西侧屏蔽墙外 30cm 处，控制室	透视	1.11E-08	1.28E-06	1.30E-06
	摄影	2.76E-07		1.56E-06
7#-DSA 机房西侧屏蔽墙外 30cm 处，缓冲区	透视	7.50E-09	8.71E-07	8.78E-07
	摄影	1.88E-07		1.06E-06
8#-DSA 机房西侧防护门外 30cm 处，缓冲区	透视	5.02E-09	5.83E-07	5.88E-07
	摄影	1.26E-07		7.09E-07
9#-DSA 机房北侧屏蔽墙外 30cm 处，院内绿化	透视	4.55E-09	5.29E-07	5.33E-07
	摄影	1.14E-07		6.43E-07
10#-DSA 机房北侧屏蔽墙外 30cm 处，设备间	透视	5.05E-09	5.86E-07	5.91E-07
	摄影	1.26E-07		7.12E-07
11#-DSA 机房北侧防护门外 30cm 处，设备间	透视	2.62E-09	3.04E-07	3.07E-07
	摄影	6.55E-08		3.70E-07

关注点位置		操作模式	X射线辐射剂量率（μSv/h）		
			散射线	漏射线	合计
12#-DSA机房上方距顶棚地面100cm处，检验科实验室		透视	1.86E-06	3.68E-05	3.87E-05
		摄影	4.65E-05		8.33E-05
13#-DSA机房下方距楼下地面170cm处，高压氧舱设备间		透视	3.95E-06	6.90E-05	7.29E-05
		摄影	9.87E-05		1.68E-04
14#-中国人民财产保险股份有限公司事故车辆拆检中心墙边		透视	1.68E-10	1.95E-08	1.97E-08
		摄影	4.20E-09		2.37E-08
15#-扬州市交通事故保险理赔服务中心楼前		透视	1.17E-10	1.35E-08	1.37E-08
		摄影	2.91E-09		1.65E-08
16#-维扬路边		透视	7.27E-11	8.44E-09	8.51E-09
		摄影	1.82E-09		1.03E-08
第一术者	铅衣内	透视	4.41	9.55	13.96
	铅衣外	透视	83.08	91.54	174.62
第二术者	铅衣内	透视	1.10	2.39	3.49
	铅衣外	透视	20.77	22.88	43.65

根据表11-9结果分析可知，DSA设备在正常运行期间，在经机房墙体、防护门等屏蔽防护后，透视模式下，各关注点处X-γ辐射剂量率最大为7.29E-05μSv/h，能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中规定的透视模式下屏蔽体外表面30cm处剂量率不大于2.5μSv/h的要求；摄影模式下，各关注点处X-γ辐射剂量率最大为1.68E-04μSv/h，能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中规定的“短时、高剂量率曝光的摄影程序”下屏蔽体外表面30cm处剂量率不大于25μSv/h的要求。

（三）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

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：

$$H_{Er} = H_r \times T \times t$$ 公式 11-6

式中：H_{Er}—X射线外照射年有效剂量，mSv/a；

H_r—关注点处剂量率，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：

$$E = \alpha H_u + \beta H_o$$ 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），mSv；

β—系数，有甲状腺屏蔽时，取 0.051，无屏蔽时，取 0.100；

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 H_p（10），mSv。

2、年有效剂量估算

将有关参数代入公式 11-6，估算 DSA 机房四周公众及控制室辐射工作人员的年附加剂量，见表 11-10。

表 11-10 DSA 机房四周公众及控制室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（μSv/h）	年有效剂量 H_{Er}（mSv/a）	
1#-DSA 机房东侧屏蔽墙外 30cm 处，院内绿化	透视	95.5	1/16	2.06E-07	1.23E-09	＜0.01
	摄影	0.77		2.48E-07	1.20E-11	
2#-DSA 机房南侧外防护门 30cm 处，室内过道	透视	95.5	1/8	2.91E-07	3.47E-09	＜0.01
	摄影	0.77		3.50E-07	3.37E-11	
3#-DSA 机房南侧屏蔽墙外 30cm 处，室内过道	透视	95.5	1/4	7.13E-07	1.70E-08	＜0.01
	摄影	0.77		8.60E-07	1.65E-10	
4#-DSA 机房西侧防护门外 30cm 处，控制室	透视	95.5	1/8	9.48E-07	1.13E-08	＜0.01
	摄影	0.77		1.14E-06	1.10E-10	
5#-DSA 机房西侧外观察窗 30cm 处，操作台	透视	95.5	1	1.57E-06	1.50E-07	＜0.01
	摄影	0.77		1.89E-06	1.45E-09	

关注点位置	操作模式	t（h）	T	辐射剂量率（μSv/h）	年有效剂量 H_{Er}（mSv/a）	
6#-DSA 机房西侧屏蔽墙外 30cm 处，控制室	透视	95.5	1	1.30E-06	1.24E-07	＜0.01
	摄影	0.77		1.56E-06	1.20E-09	
7#-DSA 机房西侧屏蔽墙外 30cm 处，缓冲区	透视	95.5	1	8.78E-07	8.39E-08	＜0.01
	摄影	0.77		1.06E-06	8.15E-10	
8#-DSA 机房西侧防护门外 30cm 处，缓冲区	透视	95.5	1/8	5.88E-07	7.02E-09	＜0.01
	摄影	0.77		7.09E-07	6.82E-11	
9#-DSA 机房北侧屏蔽墙外 30cm 处，院内绿化	透视	95.5	1/16	5.33E-07	3.18E-09	＜0.01
	摄影	0.77		6.43E-07	3.09E-11	
10#-DSA 机房北侧屏蔽墙外 30cm 处，设备间	透视	95.5	1/16	5.91E-07	3.53E-09	＜0.01
	摄影	0.77		7.12E-07	3.43E-11	
11#-DSA 机房北侧防护门外 30cm 处，设备间	透视	95.5	1/8	3.07E-07	3.66E-09	＜0.01
	摄影	0.77		3.70E-07	3.56E-11	
12#-DSA 机房上方距顶棚地面 100cm 处，检验科实验室	透视	95.5	1	3.87E-05	3.70E-06	＜0.01
	摄影	0.77		8.33E-05	6.42E-08	
13#-DSA 机房下方距楼下地面 170cm 处，高压氧舱设备间	透视	95.5	1/16	7.29E-05	4.35E-07	＜0.01
	摄影	0.77		1.68E-04	8.07E-09	
14#-中国人民财产保险股份有限公司事故车辆拆检中心墙边	透视	95.5	1	1.97E-08	1.88E-09	＜0.01
	摄影	0.77		2.37E-08	1.82E-11	
15#-扬州市交通事故保险理赔服务中心楼前	透视	95.5	1	1.37E-08	1.30E-09	＜0.01
	摄影	0.77		1.65E-08	1.27E-11	
16#-维扬路边	透视	95.5	1/16	8.51E-09	5.08E-11	＜0.01
	摄影	0.77		1.03E-08	4.93E-13	

注：本项目 DSA 透视模式年曝光时间约 95.5h，摄影模式年曝光时间约 0.77h，详见表 9-3。

由表 11-10，本项目 DSA 机房四周公众、控制室辐射工作人员的年附加剂量均不超过 0.01mSv，均能够满足《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、公众的剂量限值要求和本项目剂量约束值（职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv）。

本项目 DSA 机房周围 50m 评价范围（见附图 2）南侧和西侧均位于医院边界内，东侧至维扬路（最近处约 38m），北侧至扬州市交通事故保险理赔服务中心（最近处约 30m）和中国人民财产保险股份有限公司事故车辆拆检中心（最近处约 25m）。由表 11-10 可知，本项目机房 50m 评价范围内环境保护目标处公众受照剂量均不超过 0.01mSv，且在考虑其他建筑结构的屏蔽、人员居留情况及距离的衰减后，对周围人员的年有效剂量还将进一步降低，远小于上述保守计算结果，能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中剂量限值要求和本项目剂量约束值要求（公众年有效剂量不超过 0.1mSv）。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。

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 11-11。

表 11-11 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（μSv/h）			年照射时间（h）	年有效剂量 E（mSv）
				散射线	漏射线	合计		
第一术者	0.79	0.051	铅衣内	4.41	9.55	13.96	95.5	1.90
			铅衣外	83.08	91.54	174.62		
第二术者			铅衣内	1.10	2.39	3.49		0.48
			铅衣外	20.77	22.88	43.65		

由表 11-12 可知，本项目 DSA 机房内第一、第二术者操作位的累积年有效剂量分别为 1.90mSv、0.48mSv，由 3 名医师共同承担，每名医师年有效剂量为 0.79mSv；手术室内 1 名护士保守参考第二术者操作位估算其年有效剂量为 0.48mSv，均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中的剂量限值要求和本项目剂量约束值（职业人员年有效剂量不超过 5mSv）。

对于介入手术，由于其实际工作中 DSA 透视工况及操作时间的不确定性，辐射工作人员需要依靠佩戴个人剂量计进行跟踪性监测才能准确的测定其受照剂量的大小，按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）要求进行佩戴，开展 DSA 介入治疗的辐射工作人员采用双剂量计监测方法，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、卫生健康部门调查处理。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。

综上所述，根据上述理论估算结果，本项目1座DSA机房在经实体屏蔽后，对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、非放射性“三废”影响分析

（一）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、氮氧化物等气体，DSA机房内拟设置带有新风系统的中央空调进行通风换气，进出口设置于机房吊顶天花板上。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。

（二）废水

工作人员和部分患者产生的医疗废水和生活污水，由院内污水处理站统一处理，对环境影响较小。

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

事故影响分析

一、主要事故风险

本项目DSA属II类射线装置，医院在开展放射治疗和诊断过程中，如果安全管理或防护不当，可能对人员产生误照射。因此本项目主要事故风险为：

（一）DSA工作状态下，未按工作流程进行清场，人员误留、误入机房内，导致发生误照射；

（二）操作人员违反操作规程或误操作，造成意外超剂量照射；

（三）使用DSA的医生或护士在手术室内曝光时未穿戴铅围裙、铅防护手套、铅防护帽和防护眼镜等防护用具，而受到超剂量外照射；

（四）DSA检修时，误开机，维修人员受到意外的照射伤害。

二、事故处理方法及预防措施

（一）建立辐射安全管理机构，制定完善的规章制度，并在实际工作过程中严格执行；

（二）加强辐射安全管理，加强辐射工作人员技能培训和辐射安全与防护知识的培训，提高个人的技能和辐射安全防范意识；

（三）定期检查各辐射工作场所的辐射安全措施运行情况，确保各项安全措施始终保持良好的工作状态。

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

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。从事辐射工作管理和辐射工作的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。

根据上述要求，扬州友好医院已成立专门的辐射安全与防护领导小组，由法人担任组长，组员覆盖各辐射科室，并以文件形式明确管理人员职责（见附件 7）。医院拟为本项目配备 6 名辐射工作人员（医院原有辐射工作人员），辐射管理人员及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，辐射安全管理人员应参加“辐射安全管理”辐射防护上岗考核，辐射工作人员应参加“医学 X 射线诊断与介入放射学”辐射安全与防护考核，考核合格后方可上岗；同时如有辐射培训证书到期人员还应及时参加生态环境部的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台进行学习并通过考核。

辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的有关要求，使用放射源和射线装置的单位要“有健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急措施”。目前医院已制定相关辐射安全与防护管理制度（见附件 7），如《介入手术操作规程、规范》《介入手术质量、安全管理制度》《监测仪表使用与检验管理制度》《DSA 介入室管理制度（含岗位职责）》《放射工作人员上岗培训制度》《放射工作人员个人剂量监测制度》《放射工作人员职业健康管理制度》《放射工作场所防护监测制度》《辐射监测方案》《放射事故应急处理预案》《介入诊疗相关各类应急预案》等。医院现有管理制度内容较为全面，基本满足医院从事相关辐射活动

辐射安全和防护管理的要求，拟根据本次新增1台DSA项目的特点及以下内容制定并完善相关制度，并落实到实际工作中，严格执行，加强辐射安全管理。

一、操作规程

医院已制定《介入手术操作规程、规范》，明确辐射工作人员的资质条件要求、操作过程中采取的具体防护措施及步骤。重点是：

（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

医院已制定《DSA介入室管理制度（含岗位职责）》，明确射线装置使用工作人员、台帐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

医院已根据射线装置的具体情况制定相应的《介入手术质量、安全管理制度》。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、设备维护检修制度

医院已制定《监测仪表使用与检验管理制度》，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度

医院已制定《放射工作人员上岗培训制度》，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，熟练掌握辐射防护知识、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通过考核。医院已制定《放射工作人员职业健康管理制度》，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

医院已制定《监测方案》和《放射工作场所防护监测制度》，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，医院应制定监测方案，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的生态环境、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，医院已配备有辐射巡测仪1台和个人剂量报警仪2台，拟为本次新增DSA项目增配个人剂量报警仪2台，用于辐射防护监测和报警，同时结合本项目实际情况，已制定如下监测方案：

一、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；

二、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；

三、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；

四、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；

五、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。

表12-1 辐射监测方案

监测对象	监测项目	监测方式	监测周期	监测点位
DSA机房	X-γ辐射剂量率	委托有资质的单位定期监测	1～2次/年	周围各关注点位，如四面墙体、地板、顶棚、机房门、控制室门、观察窗、管线洞口、工作人员操作位等
		定期使用辐射监测仪器对项目周围辐射环境进行自检	不少于1次/季	
辐射工作人员	年有效剂量	委托有资质的单位定期监测	不少于1次/季	/

扬州友好医院已根据上述监测计划，明确监测项目，定期（不少于1次/季）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，每年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，监测结果上报生态环境行政主管部门。同时已为现有辐射工作人员配备个人剂量计，组织辐射工作人员进行个人剂量监测（1次/季）和职业健康体检（1次/2年），已指定专人负责全院辐射工作人员个人剂量的收发和管理以及职业健康监护、个人剂量监测档案的存放保管。

2024年度医院已开展辐射工作场所的辐射安全与防护年度监测，监测结果均符合国家相关标准要求，均未出现剂量率超标的情况；已委托扬州市疾病预防控制中心完成了辐射工作人员的个人剂量监测，所有辐射工作人员监测结果均符合国家相关标准要求，均未出现异常。

扬州友好医院每年编写放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告，包括射线装置台帐、辐射安全和防护设施的运行与维护、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、事故和应急以及档案管理等方面的内容，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。

根据医院《2024年度安全和防护状况年度评估报告》显示，2024年度医院未发生辐射事故，医院辐射安全和防护设施运行良好，定期开展了维护工作，定期检查防护情况，发现的隐患及时处理；医院已制定和完善了相应辐射安全和防护制度及措施，各项制度和措施得到了落实。医院自开展核技术利用项目以来未发生过辐射事故，暂无需要改进完善的情况。

辐射事故应急

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

一、应急机构和职责分工；

二、应急的具体人员和联系电话；

三、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；

四、辐射事故发生的可能、分级及应急响应措施；

五、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时，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，在1小时之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。在发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要防范措施，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。

扬州友好医院已经制定了《辐射事故应急预案》，该预案已包括成立辐射事故应急处理领导小组、应急处理领导小组的职责、预防事故措施、放射性事故应急处置程序和善后处理等内容。由辐射安全与防护领导小组组织各相关科室，定期（1次/年）开展应急培训演练，在物资、通讯、技术、人员、经费等准备方面均加以落实。医院开展核技术利用项目至今，未发生过辐射事故。

表 13 结论与建议

结论

一、项目概况

扬州友好医院拟将邗江区四望亭路院区内的一期综合楼（1 号楼）一楼东北部的高压氧舱、消毒室、更衣室、办公室等拆除，改建为 1 间 DSA 机房及配套附属功能房，并拟新增一台 Artis zee Ⅲ ceiling 型 DSA（单球管，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

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。

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、项目产业政策符合性

本项目不属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（2023 年修改）中“限制类”、“淘汰类”项目，项目符合国家产业政策。

五、选址合理性

扬州友好医院邗江区四望亭路院区位于扬州市邗江区四望亭路 446 号，医院东侧为维扬路，南侧为四望亭路，西侧为景汇华府小区，北侧为扬州市交通事故保险理赔服务中心及中国人民财产保险股份有限公司事故车辆拆检中心。

本项目位于医院邗江区四望亭路院区一期综合楼（1 号楼）内，其东侧、南侧和北侧均为院内绿化和院内道路，西侧为二期综合楼（2 号楼）、院内绿化和院内道路。本项目 DSA 机房东侧为风井和电井，南侧为室内过道，西侧为控制室和缓冲区，北侧为院内绿化和设备间，楼上为检验科实验室，楼下为高压氧舱设备间。

本项目 DSA 机房周围 50m 评价范围南侧和西侧均位于医院边界内，东侧至维扬路（最近处约 38m），北侧至扬州市交通事故保险理赔服务中心（最近处约 30m）和中国人民财产保险股份有限公司事故车辆拆检中心（最近处约 25m）。项目运行

后的环境保护目标主要是本项目辐射工作人员、其他医务人员、院内病患、扬州市交通事故保险理赔服务中心和中国人民财产保险股份有限公司事故车辆拆检中心的员工和周围公众等。

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。根据《关于加强生态保护红线管理的通知》（自然资发〔2022〕142号）和《生态环境分区管控管理暂行规定》（环环评〔2024〕41号），经向江苏省生态环境厅江苏省生态环境分区管控综合服务系统查询，本项目所在地块位于扬州市中心城区（邗江区）重点管控单元（编码：ZH32100320214）内，对照综合环境管控单元管控要求，本项目为核技术利用项目，满足重点管控单元的管控要求。

本项目DSA机房治疗室与控制室分开，区域划分明确，选址及布局合理。

六、辐射环境现状

本项目拟建址及周围环境扣除仪器宇宙射线响应值后室内γ辐射剂量率为（59~80）nGy/h，拟建址所在建筑物周围道路γ辐射剂量率为（78～82）nGy/h，各监测点位γ辐射水平处于江苏省环境天然贯穿辐射水平测值范围内。

七、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。根据理论估算结果，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受照剂量限值要求和本项目剂量约束值要求（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）。

八、“三废”的处理处置

DSA工作时，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；工作人员和部分患者产生的生活污水，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，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。

九、主要污染源及拟采取的主要辐射安全防护措施

本项目DSA开机期间，产生的X射线为主要辐射环境污染因素。本项目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机房拟设闭门装置，机房内外均拟设置急停按钮，符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的安全管理要求。

十、辐射安全管理评价

扬州友好医院已设定专门的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。医院已制定较为完善的辐射安全管理制度，建议根据本报告的要求，对照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，建立符合本院实际情况的、完善可行的辐射安全管理制度，并在日常工作中落实。

扬州友好医院已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；已定期进行健康体检，建立个人职业健康监护档案；已配备有辐射巡测仪1台和个人剂量报警仪2台，拟为本次新增DSA项目配备个人剂量报警仪2台。此外，医院应根据相关标准要求，为本项目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，扬州友好医院新增1台DSA项目在落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后，医院将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和相应的辐射安全防护措施，其运行对周围环境产生的影响能够符合辐射环境保护的要求，从环境保护角度论证，本项目的建设和运行是可行的。

建议和承诺

一、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，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。

二、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。

三、定期进行辐射工作场所的检查及监测，及时排除事故隐患。

四、医院取得本项目环评批复后，应重新申领辐射安全许可证，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。

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）
辐射安全管理机构	建立辐射安全与环境保护管理机构，或配备不少于1名大学本科以上学历人员从事辐射防护和环境保护管理工作。医院已设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》相关要求。	/
辐射安全和防护措施	屏蔽措施：DSA机房四侧墙体采用龙骨架+铅板，顶面采用混凝土+硫酸钡板，地面采用混凝土+硫酸钡防护涂料，观察窗采用铅玻璃，各防护门内嵌铅板进行辐射防护。工作人员和周围公众的年有效剂量符合项目剂量约束值要求。	满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对职业人员和公众受照剂量限值要求以及本项目的剂量约束值要求。	40
	安全措施：本项目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；防护门拟设有闭门装置，机房内外拟设置急停按钮；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。	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》要求。	6
	辐射工作人员在上岗前佩戴个人剂量计，并定期送检（两次监测的时间间隔不应超过3个月），加强个人剂量监测，建立个人剂量档案。		
	辐射工作人员定期进行职业健康体检（不少于1次/2年），并建立辐射工作人员职业健康档案。		
监测仪器和防护用品	已配备辐射巡测仪1台。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》有关要求。	2
	已配备个人剂量报警仪2台，拟为本项目配备个人剂量报警仪2台。		
	DSA介入治疗医生配备铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜、介入防护手套等，同时设置铅悬挂防护屏和床侧防护帘等。	满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的相关要求。	2
辐射安全管理制度	操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、辐射事故应急措施等制度：根据环评要求，按照项目的实际情况，补充相关内容，建立完善、内容全面、具有可操作性的辐射安全规章制度。	已满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》相关要求。	/
总计	/	/	50

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。

表 14 审批

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