025-TKFSHP-019

核技术利用建设项目

江苏省脑科医院新建 2 台 DSA 应用项目环境影响报告表

（公示稿）

江苏省脑科医院

2025 年 11 月

生态环境部监制

025-TKFSHP-019

核技术利用建设项目

江苏省脑科医院新建 2 台 DSA 应用项目环境影响报告表

（公示稿）

江苏省脑科医院

2025 年 11 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

江苏省脑科医院新建 2 台 DSA 应用项目环境影响报告表

建设单位名称：江苏省脑科医院

建设单位法人代表（签名或盖章）：

通讯地址：南京市江宁区淳化街道吴墅社区淳谷路 1 号

邮政编码　　联 系 人：

电子邮箱：　　联系电话

打印编号：1752477738000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	o59ida
建设项目名称	江苏省脑科医院新建2台DSA应用项目
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）	江苏省脑科医院
统一社会信用代码	12320000MB1W2699XR
法定代表人（签章）	杜晨阳
主要负责人（签字）	李顺成
直接负责的主管人员（签字）	李顺成
二、编制单位情况	
单位名称（盖章）	南京泰坤环境检测有限公司
统一社会信用代码	91320111589445415Q
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
徐钦华	11353743506370312	BH028310	徐钦华

2. 主要编制人员

姓名	主要编写内容	信用编号	签字
徐钦华	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保护目标与评价标准、表8环境质量和辐射现状、表9项目工程分析与源项、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	BH028310	徐钦华

编制主持人职业资格证书

编制主持人社保缴纳记录

江苏省社会保险权益记录单
（参保单位）

请使用官方江苏智慧人社APP扫描验证

参保单位全称：南京泰坤环境检测有限公司　　现参保地：江北新区

统一社会信用代码：91320111589445415Q　　查询时间：202501-202511

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			

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	徐钦华		202501 - 202511	11

说明：
1. 本权益单涉及单位及参保职工个人信息，单位应妥善保管。
2. 本权益单为打印时参保情况。
3. 本权益单已签具电子印章，不再加盖鲜章。
4. 本权益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）。

江苏省社会保险 电子专用章

打印时间：2025年11月18日

目 录

附图：

1.项目地理位置示意图（附图 1）；

2.医院平面布置、评价范围示意图（附图 2）；

3.门急诊医技楼 B1F 层（DSA1 机房楼下）平面布置示意图（附图 3）；

4.门急诊医技楼 GF 层（DSA1 机房所在楼层）平面布置示意图（附图 4）；

5.门急诊医技楼 1F 层（DSA1 机房楼上）平面布置示意图（附图 5）；

6.门急诊医技楼 2F 层（DSA2 机房楼下）平面布置示意图（附图 6）；

7.门急诊医技楼 3F 层（DSA2 机房所在楼层）平面布置示意图（附图 7）；

8.门急诊医技楼 4F 层（DSA2 机房楼上）平面布置示意图（附图 8）；

9.项目与江苏省生态环境分区管控关系查询截图（附图 9）。

附件：

1.本项目环评委托书（附件 1）；

2.本项目射线装置使用情况承诺书（附件 2）；

3.本次环评项目 DSA 机房屏蔽设计情况（附件 3）；

4.III 类射线装置环境影响登记表（附件 4）；

5.医院法人证书（附件 5）；

6.医院项目可行性研究报告批复（附件 6）；

7.医院项目环评批复（附件 7）；

8.项目辐射环境现状检测报告（附件 8）；

9.硫酸钡涂料拟合参数相关证明材料（附件 9）。

表 1 项目基本情况

<table>
<tr><td colspan="2">建设项目名称</td><td colspan="5">江苏省脑科医院新建 2 台 DSA 应用项目</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设单位</td><td colspan="5">江苏省脑科医院
（统一社会信用代码：12320000MB1W2699XR）</td></tr>
<tr><td colspan="2">法人代表</td><td colspan="2"></td><td>联系人</td><td></td><td>联系电话</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">注册地址</td><td colspan="5">南京市江宁区淳化街道吴墅社区淳谷路 1 号</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目建设地点</td><td colspan="5">南京市江宁区淳化街道老 104 国道以南、严家边路以西</td></tr>
<tr><td colspan="2">立项审批部门</td><td colspan="2">江苏省发展和改革委员会</td><td>批准文号</td><td colspan="2">苏发改投资发〔2024〕185 号</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设项目总投资（万元）</td><td>2000</td><td>项目环保投资（万元）</td><td>200</td><td>投资比例（环保投资/总投资）</td><td>10%</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目性质</td><td colspan="3">☑新建 □改建 □扩建 □其他</td><td>占地面积（m^2）</td><td>398</td></tr>
<tr><td rowspan="9">应用类型</td><td rowspan="2">放射源</td><td>□销售</td><td colspan="4">□I类 □II类 □III类 □IV类□V类</td></tr>
<tr><td>□使用</td><td colspan="4">□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="4">□制备 PET 用放射性药物</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="4">/</td></tr>
<tr><td>□使用</td><td colspan="4">□乙 □丙</td></tr>
<tr><td rowspan="3">射线装置</td><td>□生产</td><td colspan="4">□II类 □III类</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="4">□II类 □III类</td></tr>
<tr><td>☑使用</td><td colspan="4">☑II类 ☑III类</td></tr>
<tr><td>其他</td><td colspan="5">/</td></tr>
</table>

项目概述：

一、建设单位情况、项目建设规模、目的和任务的由来

1、建设单位基本情况

为完善江苏省精神卫生服务体系，增强精神专科领域优质医疗服务保障水平和供给能力，江苏省卫生健康委员会建设江苏省脑科医院项目。

江苏省脑科医院项目选址于南京市江宁区淳化街道老 104 国道以南、严家边路以西，项目总用地面积为 110045m^2（约 165 亩），总建筑面积 171462.96m^2，按照

三级公立医院建设标准，打造精神类特殊临床专科，还设置内科、外科、康复医学科等综合类科室，满足区域基本医疗服务的需求。江苏省脑科医院拟设置床位规模1200张，其中精神专科床位900张，非精神专科床位300张，建设内容包括门急诊医技楼、精神科病房楼、综合病房楼、培训管理楼、康复宣教中心、地下室、辅助用房等，主要设置精神科、神经内科、神经外科、心血管内科、急诊科等科室。

江苏省脑科医院项目可行性研究报告于2024年2月18日取得江苏省发展和改革委员会批复，批复文号为：苏发改投资发〔2024〕185号，项目代码为：2307-320000-04-01-128201，可行性研究报告批复见附件6。

江苏省脑科医院项目环境影响报告书已取得南京市生态环境局的批复，批复文号为：宁环（江）建〔2024〕82号，环评批复见附件7。目前江苏省脑科医院项目正在建设中。

2、项目建设规模

为更好地为患者提供放射诊疗服务，医院拟在建成的门急诊医技楼GF层新建1间DSA机房（DSA1机房）及辅助用房，在3F层新建1间复合手术室（DSA2机房）、1间CT手术室（主要开展DBS（脑起搏器植入）手术）及辅助用房。DSA2机房和CT手术室之间设有1间CT暂存间，其内配备1台滑轨CT（DSA2机房和CT手术室共用该滑轨CT），CT暂存间与DSA2机房和CT手术室之间均安装移动防护门和滑轨，当需要使用时，CT设备可通过滑轨移动至DSA2机房或CT手术室中。医院拟在DSA1机房和DSA2机房内各配备1台DSA，型号待定，最大管电压125kV，最大管电流1000mA，配备的滑轨CT型号待定，最大管电压140kV，最大管电流700mA，用于开展放射诊断及介入治疗。

本项目2台DSA均属于《关于发布〈射线装置分类〉的公告》（公告2017年第66号）中的II类射线装置；滑轨CT为III类射线装置。射线装置情况见下表。

表1-1　本项目射线装置情况一览表

名称	型号	数量	最大管电压	最大管电流	类别	工作场所名称	备注
DSA1	待定	1台	125kV	1000mA	II	门急诊医技楼GF层DSA1机房	新购
DSA2	待定	1台	125kV	1000mA	II	门急诊医技楼3F层DSA2机房	新购
滑轨CT	待定	1台	140kV	700mA	III	门急诊医技楼3F层DSA2机房、CT手术室	新购

医院拟为本项目 DSA 配备 10 名工作人员，每台 DSA 配备 5 名工作人员，包括 2 名医师，1 名护士，1 名影像学技师，1 名影像学医师。其中医师、护士、影像学技师为各 DSA 专职辐射工作人员，影像医师主要远程进行影像分析诊断，工作需要时会在控制室开展影像分析诊断工作；拟为 CT 手术室配备 1 名影像学技师，1 名影像学医师（影像学医师进行远程影像分析诊断）。所有辐射工作人员均为新招聘人员。

3、目的和任务的由来

医院使用 DSA 进行放射诊疗可能对周围人员和环境造成一定影响，为保护环境和公众，减少或避免污染，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，江苏省脑科医院委托南京泰坤环境检测有限公司对新建 2 台 DSA 应用项目进行环境影响评价工作。

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），本项目新建 2 台 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。

南京泰坤环境检测有限公司通过现场踏勘和监测、资料调研及项目工程分析等工作，编制了该项目的环境影响评价报告表。

二、项目场址选址及周边保护目标

1、项目场址选址

江苏省脑科医院位于南京市江宁区淳化街道老 104 国道以南、严家边路以西，医院东侧为严家边路，南侧为空地，西侧为规划道路，北侧为老 104 国道。

本项目 2 间 DSA 机房、1 间 CT 手术室分别位于门急诊医技楼 GF 层、3F 层。门急诊医技楼位于院区北部，地上部分共 5 层（分别为 GF 层、1F~4F 层），地下 1 层（B1F 层）；B1F 层东侧为地下停车位，西侧为战时医院功能区（平时不做它用）；GF 层东侧为 DSA、MR、CT 等检查功能区、司法鉴定功能区及诊室，西侧为部分战时功能区及停车位；1F~3F 为 MR、CT、DR、化验室等检查功能区及诊室等，4F 主要为医生值班室、机房等。门急诊医技楼东侧为发热门诊楼、院内道路，南侧为综合病房楼、精神科病房楼，西侧为培训管理楼，北侧为院内道路。

建成后的 DSA1 机房东侧为患者走道，南侧为患者准备间、麻醉准备间，西侧为 DSA1 控制室、设备间，北侧为污物暂存间，上方为 1F 层 MRI（1）机房、设备

间、更衣室、候诊室及 MRI（2）机房部分区域，下方为 B1F 层停车位。

建成后的复合手术室（DSA2）机房东侧为护士站，南侧为高值耗材库、走廊，西侧为 CT 暂存间及 CT 手术室，北侧为 DSA2 控制室、麻醉准备间，上方为 4F 层手术及病理净化设备区域及部分楼顶区域，下方为 2F 层临检大厅、体检走廊。

建成后的 CT 手术室东侧为 CT 暂存间及 DSA2 机房，南侧为走廊，西侧为清洗间、库房、走廊，北侧为 CT 控制室、麻醉准备间，上方为 4F 层手术及病理净化设备区域及部分楼顶区域，下方为 2F 层临检大厅及候诊区。

本项目地理位置示意图见附图 1，医院平面布置及评价范围示意图见附图 2，门急诊医技楼 B1F 层~4F 层平面布置示意图见附图 3~附图 8。

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）和《江宁区 2023 年度生态空间管控区域调整方案》《江苏省自然资源厅关于南京市江宁区 2023 年度生态空间管控区域调整方案的复函》（苏自然资函〔2023〕1058 号），本项目评价范围内不涉及国家级生态保护红线与江苏省生态空间管控区域。根据《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）、南京市生态环境局《南京市 2024 年度生态环境分区管控动态更新成果公告》，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（查询截图见附图 9），本项目所在地块位于江宁经济技术开发区重点管控单元（编码：ZH32011520096）内，评价范围内不涉及优先保护单元和一般管控单元。本项目评价范围内不涉及《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》第三条（一）中的“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。项目选址合理。

2、项目周边保护目标

本项目 DSA1 机房屏蔽墙 50m 范围内主要为项目所在的门急诊医技楼、院内道路，本项目 DSA2 机房、CT 手术室屏蔽体 50m 范围内主要为项目所在的门急诊医技楼、综合病房楼（南侧 46m）、院内道路，均为医院内部建筑和道路，无学校、居民区等环境敏感目标，评价范围见附图 2。评价范围内不涉及国家级生态保护红线与生态空间管控区域及“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。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及周围公众等。

三、实践正当性分析

本项目的投入使用能更好地满足患者的就诊需求，并可提高当地医疗水平，具有良好的社会效益和经济效益，在做好辐射防护措施和管理的基础上，其所带来的效益远大于可能对环境造成的影响，因此，该项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“实践的正当性”原则。

四、现有核技术利用项目分析

江苏省脑科医院为首次使用核技术利用项目的单位，在此之前未购置、使用过核技术利用项目，未取得过《辐射安全许可证》。医院拟配备 8 台 III 类射线装置，包括 5 台 CT、2 台 DR 和 1 台骨密度仪，均已履行环境影响登记备案手续，备案号为 202532011500000180（登记表见附件 4）目前均未购置，具体情况见下表：

表 1-2　医院已备案 III 类射线装置情况一览表

名称	型号	数量	最大管电压	最大管电流	类别	工作场所名称	备注
CT	待定	1 台	140kV	700mA	III	门急诊医技楼 1F 层 CT1 室	拟新购已备案
CT	待定	1 台	140kV	700mA	III	门急诊医技楼 1F 层 CT2 室	拟新购已备案
CT	待定	1 台	140kV	700mA	III	精神病房楼 3F 层 CT 室	拟新购已备案
CT	待定	1 台	140kV	700mA	III	门急诊医技楼 GF 层 CT 室	拟新购已备案
CT	待定	1 台	140kV	700mA	III	发热门诊楼 1F 层 CT 室	拟新购已备案
DR	待定	1 台	150kV	1000mA	III	门急诊医技楼 1F 层 DR1 室	拟新购已备案
DR	待定	1 台	150kV	1000mA	III	门急诊医技楼 1F 层 DR2 室	拟新购已备案
骨密度仪	待定	1 台	100kV	10mA	III	门急诊医技楼 1F 层骨密度室	拟新购已备案

表 2 放射源

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

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	DSA1	II	1	待定	125	1000	医用诊断/介入治疗	门急诊医技楼 GF 层 DSA1 机房	新购
2	DSA2	II	1	待定	125	1000	医用诊断/介入治疗	门急诊医技楼 3F 层复合手术室（DSA2 机房）	新购
3	滑轨 CT	III类	1	待定	140	700	影像诊断	门急诊医技楼 3F 层复合手术室、CT 手术室共用	新购

（三）中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压（kV）	最大靶电流（Ma）	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	/	/	微量	微量	/	不暂存	通过排风系统排入大气，臭氧在常温下约 50min 可自行分解为氧气，对环境影响较小。
介入手术过程中产生的棉签、纱布、手套、器具、介入导丝、废造影剂、废造影剂瓶等医疗废物	固态	/	/	约 60kg	约 720kg	/	暂存在机房中的垃圾桶中，手术结束后集中收集暂存于医院医疗废物暂存间。	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24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》，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；根据2019年3月2日《国务院关于修改部分行政法规的决定》（国务院令第709号）修订； 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》，国家环境保护总局令第31号；根据2021年1月4日《关于废止、修改部分生态环境规章和规范性文件的决定》第四次修正； 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》，环境保护部令第18号，2011年5月1日起施行； 9.《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； 10.《关于发布〈射线装置分类〉的公告》，环境保护部、国家卫生和计划生育委员会，公告2017年 第66号，2017年12月5日起施行； 11.《关于建立放射性同位素与射线装置事故分级处理报告制度的通知》，国家环保总局，环发〔2006〕145号，2006年9月26日起施行； 12.《省生态环境厅关于进一步做好建设项目环境影响评价报告书（表）编制单位监管工作的通知》，苏环办〔2021〕187号，2021年5月28日发布； 13.《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；

	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 11 月 1 日起施行； 15.《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； 16.《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； 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； 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； 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； 20.《江苏省辐射事故应急预案》（2020年修订版），苏政办函〔2020〕26号，2020年2月19日发布； 21.《江苏省自然资源厅关于南京市江宁区2023年度生态空间管控区域调整方案的复函》（苏自然资函〔2023〕1058号）。
技术标准	1.《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； 2.《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）； 3.《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）； 4.《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）； 5.《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）； 6.《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）； 7.《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）； 8.《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）； 9.《外照射放射防护剂量转换系数标准》（WS/T 830-2024）； 10.《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）。

其他	**设计资料（设计图及设计说明）** 附图： 1.项目地理位置示意图（附图 1）； 2.医院平面布置、评价范围示意图（附图 2）； 3.门急诊医技楼 B1F 层（DSA1 机房楼下）平面布置示意图（附图 3）； 4.门急诊医技楼 GF 层（DSA1 机房所在楼层）平面布置示意图（附图 4）； 5.门急诊医技楼 1F 层（DSA1 机房楼上）平面布置示意图（附图 5）； 6.门急诊医技楼 2F 层（DSA2 机房楼下）平面布置示意图（附图 6）； 7.门急诊医技楼 3F 层（DSA2 机房所在楼层）平面布置示意图（附图 7）； 8.门急诊医技楼 4F 层（DSA2 机房楼上）平面布置示意图（附图 8）； 9.项目与江苏省生态环境分区管控关系查询截图（附图 9）。 附件： 1.本项目环评委托书（附件 1）； 2.本项目射线装置使用情况承诺书（附件 2）； 3.本次环评项目 DSA 机房屏蔽设计情况（附件 3）； 4.III 类射线装置环境影响登记表（附件 4）； 5.医院法人证书（附件 5）； 6.医院项目可行性研究报告批复（附件 6）； 7.医院项目环评批复（附件 7）； 8.项目辐射环境现状检测报告（附件 8）； 9.硫酸钡涂料拟合参数相关证明材料（附件 9）。

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》（HJ10.1-2016）“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，本项目确定以 DSA1 机房、DSA2 机房、CT 手术室的屏蔽墙为边界周围 50m 范围内的区域作为评价范围，详见附图 2。

保护目标

本项目 DSA1 机房屏蔽墙 50m 范围内主要为项目所在的门急诊医技楼、院内道路，本项目 DSA2 机房、CT 手术室屏蔽体 50m 范围内主要为项目所在的门急诊医技楼、综合病房楼（南侧 46m）、院内道路，均为医院内部建筑和道路，无学校、居民区等环境敏感目标。本项目评价范围内不涉及国家级生态保护红线与生态空间管控区域及“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。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及周围公众等。本项目保护目标详见表 7-1、表 7-2。

表 7-1 本项目 DSA1 机房评价范围内保护目标一览表

保护目标名称	场所名称	方位	最近距离	规模	年剂量约束值（mSv/a）
辐射工作人员	DSA1 机房内	/	/	5 人	5
	控制室、设备间	西	紧邻		
评价范围内公众（其他医务人员、患者及患者家属）	走廊	东	紧邻	流动人员	0.1
	GF 层，机房东侧各心电图、MR、CT 等检查室，急诊抢救留观室、检查室，办公室等		3m	约 100 人	
	患者准备间、麻醉准备间	南	紧邻	约 2 人	
	GF 层，机房南侧办公室、值班室、电梯间等		4.8m	约 20 人	
	室外道路		17m	流动人员	
	配套服务用房、人文庭院、配电室、风机房等	西	4.5m	流动人员	

	污物暂存间	北	紧邻	约 2 人	
	GF 层，司法鉴定室、司法鉴定档案室、会议室、诊室、电梯间等		3m	流动人员	
	门急诊医技楼 1F~4F 诊室、检查室、手术室等	上	紧邻	约 300 人	
	门急诊医技楼 B1F 层战时医院（平时不做它用）病房、机房，地下停车位等	下	紧邻	流动人员	

表 7-2　本项目 DSA2 机房、CT 手术室评价范围内保护目标一览表

保护目标名称	场所名称	方位	最近距离	规模	年剂量约束值（mSv/a）
辐射工作人员	DSA2 机房内	/	/	DSA2：5 人；CT 控制室：1 人	5
	DSA2 控制室、CT 控制室	北	紧邻		
	CT 暂存间	/	紧邻		
评价范围内公众（其他医务人员、患者及患者家属）	护士站	东	紧邻	约 10 人	0.1
	3F 层，机房东侧各仪器库、无菌库、输液库、办公室、值班室、更衣室、电梯间等		5m	约 30 人	
	门急诊医技楼东侧室外道路		48m	流动人员	
	高值耗材库、走廊	南	紧邻	约 2 人	
	3F 层，机房南侧缓冲间、谈话室、机房、仓库、电梯厅等		2.3m	约 5 人	
	门急诊医技楼南侧室外道路		9m	流动人员	
	综合病房楼部分区域		46m	约 30 人	
	气瓶间、污物间、工具间、过厅等	西	2.5m	流动人员	
	麻醉准备间	北	紧邻	约 2 人	
	3F 层，OR3~OR6 手术室、实验室、会议室、办公室等		2.5m	流动人员	
	门急诊医技楼 4F 医师值班室、电梯间、机房等	上	紧邻	约 20 人	
	门急诊医技楼 B1F~2F 层诊室、检查室、手术室等地下停车位等	下	紧邻	约 200 人	

评价标准

1、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）：

辐射工作人员和公众剂量限值

表 7-3　工作人员职业照射和公众照射剂量限值

对 象	剂量限值
职业照射剂量限值	应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值： ①由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可做任何追溯平均），20mSv； ②任何一年中的有效剂量，50mSv； ③眼晶体的年当量剂量，150 mSv； ④四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500 mSv。 对于年龄为 16 岁~18 岁接受涉及辐射照射就业培训的徒工和年龄为 16 岁~18 岁在学习过程中需要使用放射源的学生，应控制其职业照射使之不超过下述限值： ①年有效剂量，6mSv；
公众照射剂量限值	实践使公众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，lmSv； ②特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 lmSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5 mSv；

2、《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）：

6 X 射线设备机房防护设施的技术要求

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下表的规定。本项目为单管头 X 射线设备。

表 7-4　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 m^2	机房内最小单边长度 m
单管头 X 射线设备 （含 C 形臂，乳腺 CBCT）	20	3.5
CT 机（不含头颅移动 CT）	30	4.5

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下表的规定。

表 7-5　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

CT 机房	2.5

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。

6.5 X 射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求

本项目放射学检查类型为介入放射学操作，需要配备的防护用品及防护设施需要满足表 7-6 的要求。

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

表 7-6 介入放射学操作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 选配：铅橡胶帽子	—
CT 体层扫描（隔室）	—	—	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："—"表示不需要求。

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。

3、本项目管理目标

综合考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）及辐射防护最优化原则确定本项目的管理目标为：

（1）年剂量约束值

职业人员年剂量约束值不超过 5mSv，公众年剂量约束值不超过 0.1mSv；

（2）周围剂量当量率参考控制水平

机房四周屏蔽体外 30cm 处、顶棚上方距顶棚地面 100cm、楼下距地面 170cm 处的周围剂量当量率均不超过 2.5μSv/h。

4、参考资料：

《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 7-7 江苏省环境天然γ辐射水平（单位：nGy/h）

	原野	道路	室内
测值范围	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：1.测量值已扣除宇宙射线响应值；

2. 现状评价时，取测值范围为其评价参考范围，即原野天然γ辐射水平参考范围取（33.1-72.6）nGy/h，道路天然γ辐射水平参考范围取（18.1-102.3）nGy/h，室内天然γ辐射水平参考范围取（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、项目地理位置和场所位置

江苏省脑科医院位于南京市江宁区淳化街道老 104 国道以南、严家边路以西，医院东侧为严家边路，南侧为空地，西侧为规划道路，北侧为老 104 国道；本项目 2 间 DSA 机房、CT 手术室分别位于门急诊医技楼 GF 层、3F 层。

本项目 DSA1 机房屏蔽墙 50m 范围内主要为项目所在的门急诊医技楼、院内道路，本项目 DSA2 机房、CT 手术室屏蔽体 50m 范围内主要为项目所在的门急诊医技楼、综合病房楼（南侧 46m）、院内道路，均为医院内部建筑和道路，无学校、居民区等环境敏感目标。本项目评价范围内不涉及国家级生态保护红线与生态空间管控区域及“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。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及周围公众等。本项目及周边环境现状见图 8-1~ 图 8-5。

图 8-1　拟建门急诊病房楼东侧

图 8-2　拟建门急诊病房楼南侧

图 8-3　拟建门急诊病房楼西侧

8-4　拟建门急诊病房楼北侧

图 8-5　门急诊病房楼拟建址

二、环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

环境现状评价的对象：本项目拟建址及周围辐射环境

监测因子：γ辐射空气吸收剂量率

监测点位：在本项目拟建址周围进行布点。

三、监测方案、质量保证措施及监测结果

1、监测方案

监测单位：南京泰坤环境检测有限公司

检测时间：2025 年 5 月 20 日

检测环境：天气：晴；温度：（29.6~29.9）℃；相对湿度：（61.9~62.6）%RH。

监测设备：见表 8-1

表 8-1 监测设备相关数据

监测仪器	X-γ辐射监测仪
型号	FH40G-L10+FHZ672E-10 型
设备编号	NJTK/YQ041
能量响应范围	40keV~4.4MeV
测量范围	1nSv/h~100μSv/h

校准有效期	2024.8.28~2025.8.27
校准证书编号	Y2024-0089043

监测布点：根据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）有关布点原则进行布点，所有检测点位均布设在地面。

监测方法：根据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）相关方法和要求，在环境现场调查时，于本项目周围进行γ辐射空气吸收剂量率的测量，监测结果见表 8-2，监测点位示意图见图 8-6。

数据记录及处理：每个点位读取 10 个数据，读取间隔不小于 10s，并待计数稳定后读取数值。根据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）5.5 中公式（1）对数据进行处理。其中，测量仪器无检验源，检验源效率因子取 1；测量仪器校准参考源为 ^{137}Cs，空气比释动能和周围剂量当量的换算系数取 1.20Sv/Gy；各监测点所在位置对宇宙射线的屏蔽修正因子按原野 1.0 进行取值。

2、质量保证措施

本项目监测按照《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）的要求，实施全过程质量控制。监测单位（南京泰坤环境检测有限公司）具有相应检测资质（见附件 7），监测人员均经过培训和能力确认，所有监测仪器均经过计量部门检定或者校准，并在有效期内，监测仪器使用前经过核查，监测报告实行三级审核。

3、监测结果

本项目环境现状监测结果见表 8-2，监测报告见附件 8。

表 8-2 门急诊医技楼拟建址及周围γ辐射空气吸收剂量率

编号	检测点位	检测结果（nGy/h）		备注
		测量值	标准差	
1	门急诊医技楼拟建址中部	68.0	1.3	原野
2	门急诊医技楼拟建址东侧	65.6	0.9	原野
3	门急诊医技楼拟建址南侧	66.7	0.9	原野
4	门急诊医技楼拟建址西侧	67.6	1.0	原野
5	门急诊医技楼拟建址北侧	61.7	1.3	原野

注：1、测量结果已依据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）扣除宇宙射线响应值（7.56nGy/h）；2、检测点位见图 8-6。

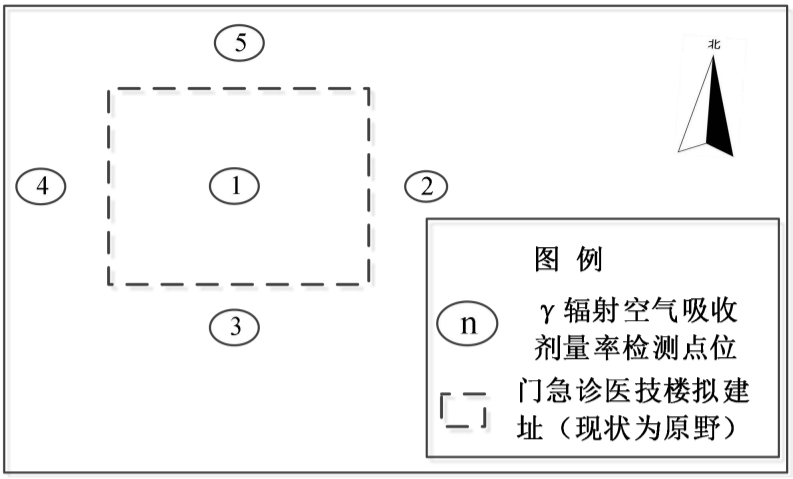

图 8-6　门急诊医技楼拟建址周围γ辐射空气吸收剂量率检测点位示意图

4、环境现状调查结果评价

评价方法：参照江苏省天然γ辐射水平调查结果，评价项目周围的辐射环境质量。

根据《江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究》，江苏省原野天然γ辐射水平参考范围为（33.1~72.6）nGy/h，已扣除宇宙射线响应值。

由表 8-2 监测结果可知，本项目所在门急诊医技楼拟建址周围环境原野γ辐射空气吸收剂量率为（61.7～68.0）nGy/h（测量结果已扣除宇宙射线响应值），均位于江苏省原野环境天然γ辐射水平参考范围内，属江苏省天然γ辐射正常水平。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

9.1 DSA 工程设备和工艺分析

一、设备组成及工作方式

1、DSA 设备组成

数字减影血管造影（DSA）因其整体结构像大写的“C”，因此也称作 C 型臂 X 光机，DSA 设备主要包括 C 型臂机架系统、检测床、显示器吊架及显示系统、X 射线高压发生器装置、X 射线球管、数字平板探测器、图像采集处理系统、后处理工作站、防护屏及防护铅帘等。典型 DSA 外观图见下图。

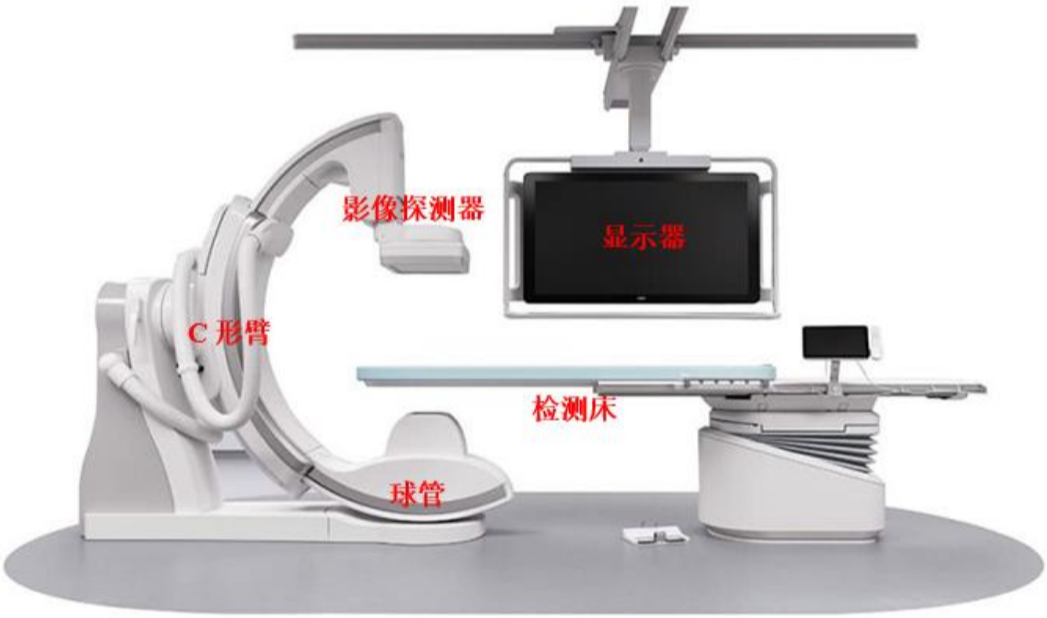

图 9-1　典型 DSA 外观图

2、复合手术室 DSA+CT 设备组成

本项目 DSA2 为复合手术室，除使用 DSA 进行介入诊疗外，还使用 CT 进行患者的术前和术后评价（DSA 和 CT 设备共用一个手术床）。滑轨 CT 为术中 CT，由扫描架和滑轨系统组成，扫描架由球管、高压发生器，机架、探测器、扫描架计算机以及相关控制电路组成。DSA 和 CT 分开放置，通过滑轨精准移动设备，实现结构上和功能上的融合，设备组成图见下图。

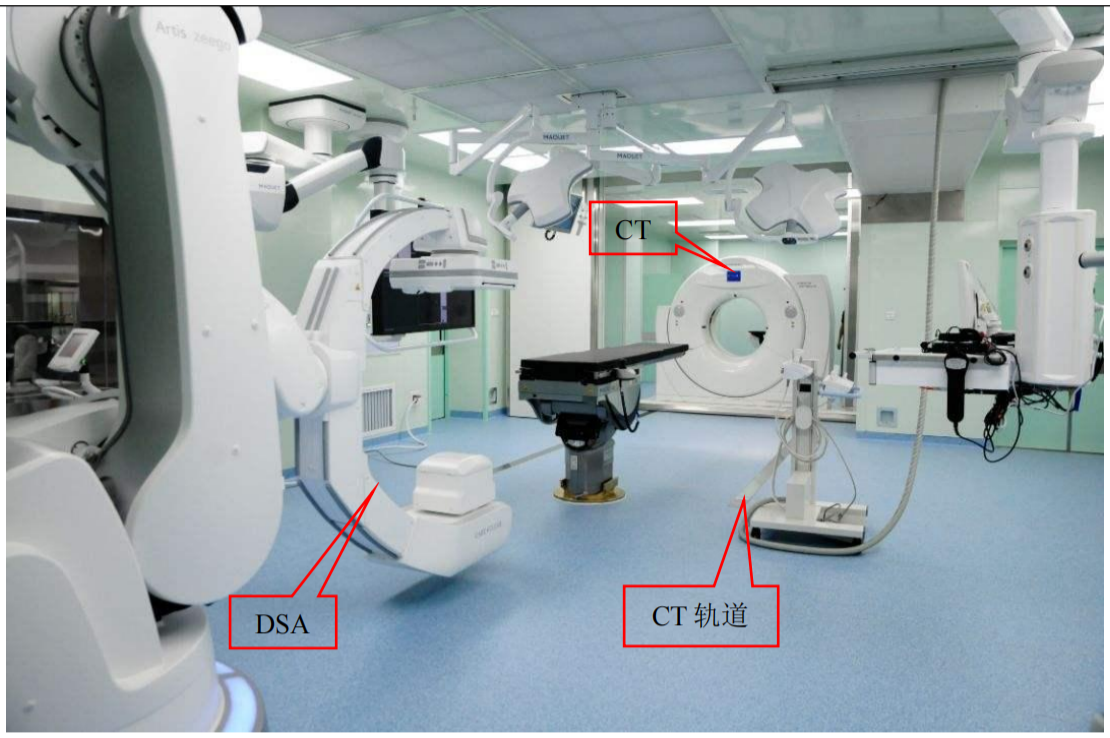

图 9-2 DSA+CT 复合手术室设备组成图

患者接受 DSA 介入治疗过程中，如果需要 CT 进行影像检查确认，无需更换手术床，可将 CT 通过滑轨移至 DSA 手术床，直接进行 CT 扫描。DSA+CT 复合手术室通过智能化数字精控 CT 轨道，将 CT、DSA 两台射线装置结合在一起使用，将多种影像融合，提供术前快速诊断，术中实时成像、影像引导、精准定位、复合手术治疗、术后一站式实时复查的全面支持。扫描时与常规 CT 不同的是，CT 机架通过滑轨进入手术区域，这样，可以保证患者在不移动的情况下同时接受两种影像设备的检查，提高了治疗的效率及临床的安全性。

本项目的 DSA+CT 复合手术室设有两间独立且连通的房间，分别用于开展复合手术和放置 CT 装置，手术过程中需要用到 CT 时，将通过轨道转移至手术台对患者进行 CT 扫描。

本项目拟配备的 DSA 用于血管造影检查及介入手术治疗。根据江苏省脑科医院提供的资料，拟配置的 2 台 DSA、1 台 CT 主要设备技术参数见表 9-1，拟配套设备配置情况见表 9-2。

表 9-1 本项目 DSA、CT 主要设备技术参数

指标	DSA1 技术参数	DSA2 技术参数	CT
型号	待定	待定	待定
使用场所	门急诊医技楼 GF 层	门急诊医技楼 3F 层复合手	门急诊医技楼 3F 层复

	DSA1 机房	术室（DSA2 机房）	合手术室、CT 手术室
球管类型	单球管	单球管	单球管
焦皮距	不小于 45cm	不小于 45cm	不小于 45cm
最大管电压	125kV	125kV	140kV
最大管电流	1000mA	1000mA	700mA
固有滤过	≥2.5mmAl	≥2.5mmAl	≥2.5mmAl

表 9-2 本项目每台 DSA 主要配套设备配置

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	设备间

为了防止球管烧毁并延长其使用寿命，实际使用时，一般 DSA 正常运行时工况为（60～80）kV/（100～500）mA（摄影模式）、（60～80）kV/（5～20）mA（透视模式）；一般 CT 正常运行时工况为（80～120）kV/（100～300）mA。

二、工作原理及工作流程

1、工作原理

（1）DSA 工作原理

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后的血管造影 X 射线荧光图像，分别经影像增强器增益后，再用高分辨率的电视摄像管扫描，将图像分割成许多的小方格，做成矩阵化，形成由小方格中的像素所组成的视频图像，经对数增幅和模/数转换为不同数值的数字，形成数字图像并分别存储起来，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 系统结构图见下图。

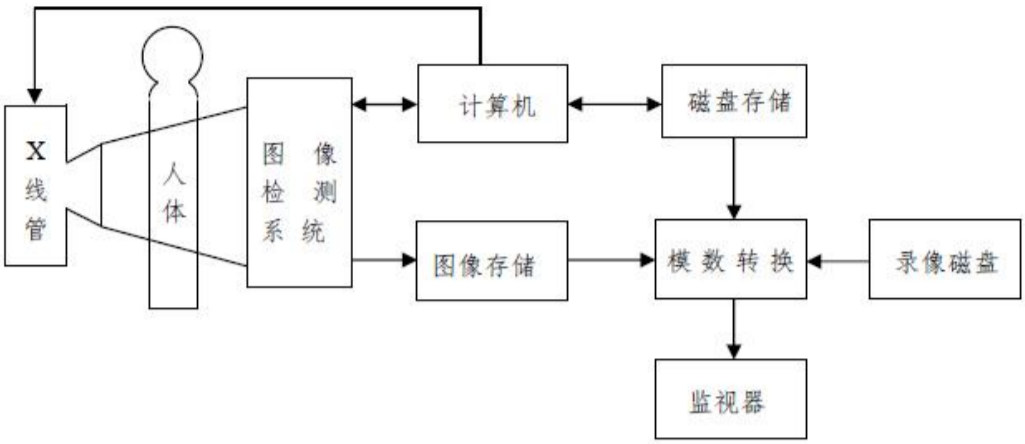

图 9-3 DSA 系统结构图

（2）CT 工作原理

电子计算机断层摄影（Computed tomography，简称 CT）是近十年来发展迅速的电子计算机和 X 射线相结合的一项新颖的诊断新技术。其原理是基于从多个投影数据应用计算机重建图像的一种方法，现代断层成像过程中仅仅采集通过特定剖面（被检测对象的薄层，或称为切片）的投影数据，用来重建该剖面的图像，因此也就从根本上消除了传统断层成像的“焦平面”以外其他结构对感兴趣剖面的干扰，“焦平面”内结构的对比度得到了明显的增强：同时断层图像中图像强度（灰度）数值能真正与被检对象材料的辐射密度产生对应的关系，发现被检对象内部辐射密度的微小变化。本项目拟使用的 CT 采用滑轨的方式安装，可以通过轨道滑行到手术床旁，完成对患者病变位置的检查。CT 影像检查采用隔室操作，滑轨 CT 使用完将移至 CT 暂存间。

2、工作流程及产污环节

患者在接受 DSA 诊断和放射性介入治疗时，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 在使用时分为两种情况：

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受检者进行曝光），医生通过铅玻璃观察窗和操作台观察机房内受检者情况，并通过对讲系统与受检者交流。

第二种情况：介入治疗：

（1）引导介入治疗。患者需要进行介入手术治疗时，为更清楚地了解病人情况

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、铅眼镜在机房内对病人进行直接的介入手术操作。

图 9-4　本项目 DSA 工艺流程及产污环节示意图

三、工作负荷

医院拟为本项目 DSA 配备 10 名工作人员，每台 DSA 配备 5 名工作人员，包括 2 名医师，1 名护士，1 名影像学技师，1 名影像学医师。其中医师、护士、影像学技师为各 DSA 专职辐射工作人员，影像医师主要远程进行影像分析诊断，工作需要时会在控制室开展影像分析诊断工作；拟为 CT 手术室配备 1 名影像学技师，1 名影像学医师（影像学医师进行远程影像分析诊断）。所有辐射工作人员均为新招聘人员。

手术过程中，医师、护士在手术室内近台操作，2 名医师均位于手术床旁，站位顺序依次为第一术者、第二术者，其中第一术者距球管约 0.5m 处，负责为患者进行介入

手术；第二术者距球管约 1m 处，负责辅助第一术者进行手术；护士负责术中护理操作和配合，位于术者位之后。摄影过程中，机房内辐射工作人员全部进入控制室。项目开展后，本项目辐射工作人员不兼职其他辐射工作。辐射工作人员年工作 250 天。

1、DSA 工作负荷

2、滑轨 CT 工作负荷

污染源项描述

一、辐射污染源

DSA 等射线装置运行时，X 射线球管出束产生的 X 射线对周围公众及辐射工作人员产生辐射影响。X射线在零和曝光管电压之间，为连续能谱分布，其穿透能力与 X 射线管的管电压和出口滤过有关。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。

DSA 的 C 型臂上，X 射线球管及平板探测器分别在 C 型臂的两端，球管出束口恒定朝向平板探测器照射，出束主射线在平板探测器成像范围（照射野范围）内。在对 X 射线探测时，均要求平板探测器具有对电离辐射的高阻断能力，要求所有入射到发光材料上的 X 射线尽可能多地被吸收，当 X 射线穿过平板探测器而没被吸收，就不会产生激发，从而影响成像效果。

1、有用线束

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。根据医院提供的资料，当 DSA 运行管电压为最大管电压的极端情况时，透视模式下的电流不大于 20mA，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（60～80）kV/（100～500）mA。

本项目 DSA、CT 设备型号尚未确定，参照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）5.15 规定（DSA、CT 的所有物质形成的等效总滤过≥2.5mmAl），本项目保守按照等效总滤过为 2.5mmAl 进行剂量预测（本项目 DSA、CT 均拟购置于正规厂家合格产品，滤过材料、泄漏辐射等必须满足国家标准要求）。DSA、CT 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 正常运行时最大管电压为 80kV，离靶 1 米处的发射率约为 5mGy·m^2/（mA·min），即 300000μGy·m^2/（mA·h）；CT 正常运行时最大管电压为 120kV，离靶 1 米处的发射率约为 10mGy· m^2/（mA·min），即 600000μGy·m^2/（mA·h）。

2、漏射线

根据国际放射防护委员会第 33 号出版物《医用外照射源的辐射防护》“（77）用于诊断目的的每一个 X 射线管必须封闭在管套内，以使得位于该套管内的 X 射线管在制造厂规定的每个额定值时，离焦点 1m 处所测得的泄漏辐射在空气中的比释动能不超过 1 mGy/h”（在距离源 1m 处不超过 100cm^2 的面积上或者在离管或源壳 5cm 处的 10cm^2 面积上进行平均测量），以及《医用电气设备 第 1-3 部分：基本安全和基本性能的通用要求并列标准：诊断 X 射线设备的辐射防护》（GB9706.103-2020）中 12.4 的相应要求，本项目 DSA、CT 离焦点 1m 处的泄漏辐射空气比释动能率为 1.0mGy/h。

3、散射线

本项目 DSA、CT 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、非辐射污染源

本项目为使用 DSA 等射线装置，在使用过程中无放射性废液、放射性废气以及放射性固体废弃物产生。

1、废水

本项目均通过显示器成像，不洗片，无洗片废水。一般废水主要是工作人员和部分病人产生的生活污水。

2、废气

射线装置在工作状态时，会使机房内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。

3、固体废物

本项目 DSA 采用数字成像，无废显、定影液及废胶片产生，手术过程中会产生一定量的棉签、纱布、手套、器具、介入导丝、废造影剂、废造影剂瓶等医疗废物（按每台手术产生约 1.2kg 的医疗废物，每年固体废物产生量总量约为 720kg），工作人员产生一定量的生活垃圾。

表 10 辐射安全与防护

项目安全措施

1、工作场所布局

本项目 2 台 DSA 分别配套独立用房，DSA1 机房位于 GF 层，DSA2 机房（复合手术室）位于 3F 层；CT 为复合手术与 CT 手术室共用设备，存放于 3F 层 CT 暂存间。

DSA1 工作场所由 DSA1 机房、控制室、设备间、污物暂存间、患者准备间、麻醉准备间等组成，控制室、设备间与机房分开单独布置，机房满足拟使用设备的布局要求。DSA1 机房共有 3 个防护门，其中机房南侧 M1-1 门用于患者出入，西侧 M1-2 门用于医护人员进出，北侧 M1-3 门用于污物运送。污物、患者及工作人员互不干扰。DSA 球管有用线束向上朝向平板探测器照射，有用线束不直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位，项目布局合理。

DSA2 工作场所由 DSA2 机房、控制室、设备间、麻醉准备间、CT 暂存间等组成，控制室、设备间与机房分开单独布置，机房满足拟使用设备的布局要求。DSA2 机房共有 4 个防护门，其中机房北侧 M2-1 门用于患者出入，北侧 M2-2 门用于医护人员进出，南侧 M2-3 门用于污物运送，西侧 M2-4 门用于滑轨 CT 设备转移。污物、患者及工作人员互不干扰。DSA 球管有用线束向上朝向平板探测器照射，有用线束不直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位，项目布局合理。

2、两区划分

医院拟将 DSA1、DSA2 机房、CT 手术室作为控制区，在控制区的进出口及适当位置处设置醒目的电离辐射警告标志和工作状态指示灯，制定辐射安全防护管理制度，严格限制无关人员进出控制区，在正常工作过程中，不得有无关人员进入；与 DSA1 机房相邻的控制室、设备间、医生准备间、患者准备间、麻醉准备间、污物暂存间，与 DSA2 机房相邻的控制室、麻醉准备间、CT 暂存间，与 CT 手术室相邻的控制室等区域作为监督区，拟在监督区的所有入口处设立标明监督区的标牌，限制无关人员进入，并经常对职业照射条件进行监督和评价。

本项目工作场所辐射防护分区符合《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的要求。本项目工作场所辐射防护分区及人流物流示意图见图 10-1、图 10-2。

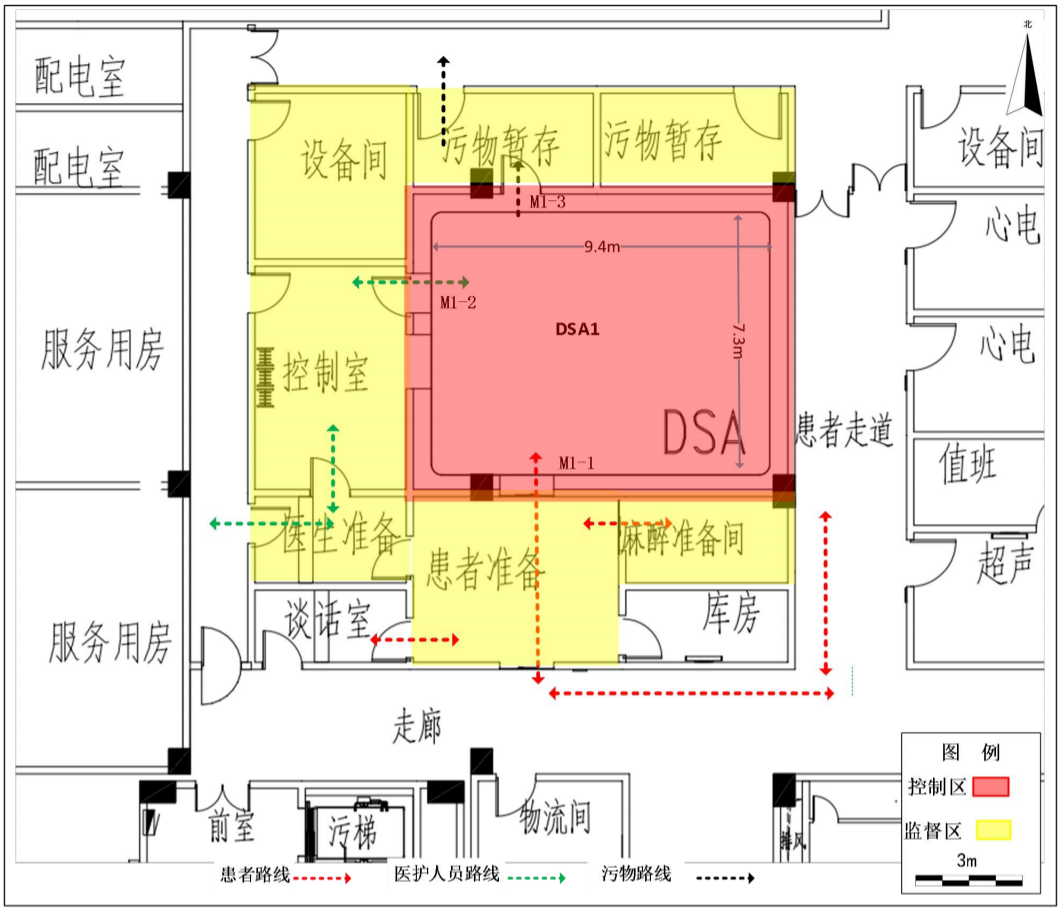

图 10-1 本项目 DSA1 工作场所平面布置、分区及人流、物流路径示意图

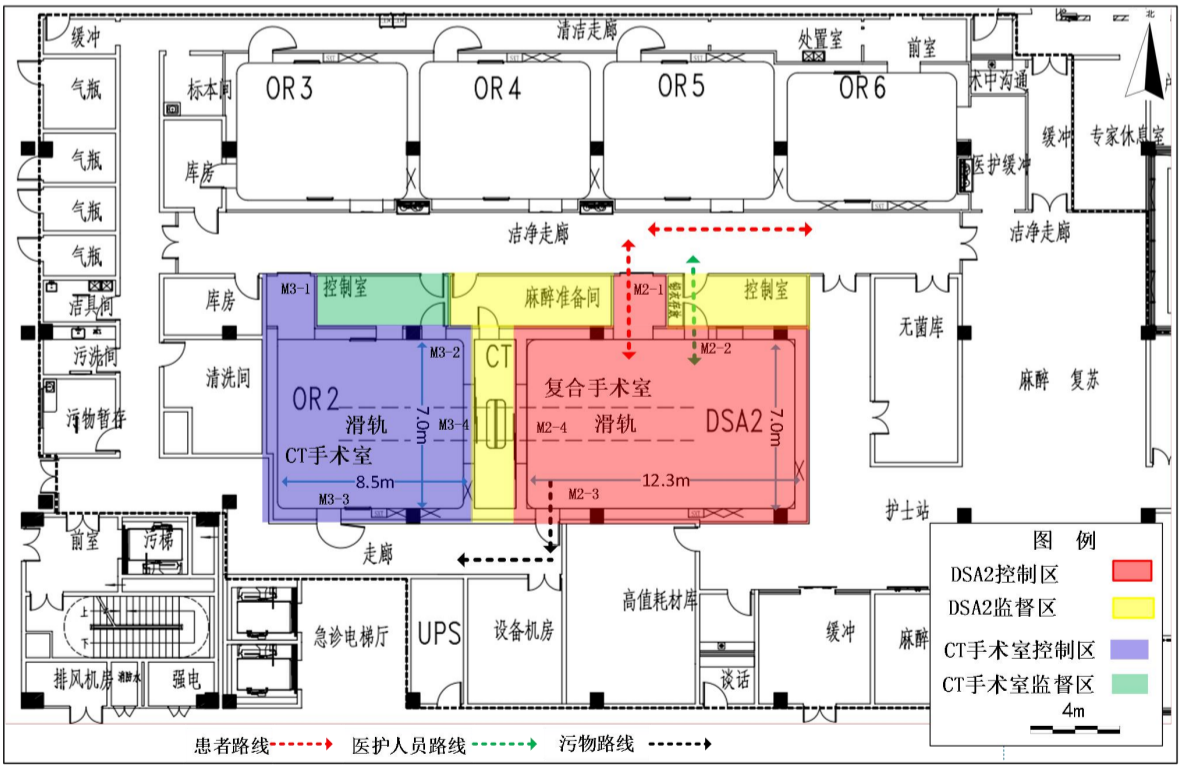

图 10-2 本项目 DSA2、CT 工作场所平面布置、分区及人流、物流路径示意图

3、辐射工作场所的屏蔽设计

根据江苏省脑科医院提供的资料，DSA1 机房长 9.4m，宽 7.3m，有效使用面积 68.62 ㎡；DSA2 机房长 12.3m，宽 7.0m，有效使用面积 86.1 ㎡；CT 手术室长 8.5m，宽 7.0m，有效使用面积 59.5 ㎡。本项目 DSA 机房辐射防护屏蔽设计参数分别见表 10-1、表 10-2。

表 10-1 DSA1 机房屏蔽设计一览表

设备名称	屏蔽体	屏蔽设计参数	机房尺寸	有效使用面积
DSA1 机房	四面墙	240mm 实心砖+30mm 硫酸钡涂料	东西长：9.4m 南北长：7.3m 层高：4.75m	68.62m²
	顶棚	150mm 混凝土+2.0mm 铅板		
	地面	150mm 混凝土+30mm 硫酸钡涂料		
	防护门	内衬 3.0mm 铅板		
	观察窗	3.0mm 铅当量铅玻璃		
	穿墙管线屏蔽	管线穿墙位置处管道周围采用 3.0mm 铅屏蔽		

注：（1）GF 层 DSA1 机房底板上方为 600mm 泡沫混凝土填层，顶板上方（1F 层地面）为 300mm 泡沫混凝土填层。

（2）铅密度为：11.3g/cm³，硫酸钡涂料密度为：3.2g/cm³，混凝土密度为：2.35g/cm³，实心砖密度为：1.65g/cm³。

表 10-2 DSA2 机房及 CT 手术室屏蔽设计一览表

设备名称	屏蔽体	屏蔽设计参数	机房尺寸	有效使用面积
DSA2 机房（复合手术室）	四面墙*	3.0mm 铅板+160mm 厚蜂窝夹芯复合板	东西长：12.3m 南北长：7.0m 层高：4.5m	86.1m²
	顶棚	150mm 混凝土+2.0mm 铅板		
	地面	150mm 混凝土+30mm 硫酸钡涂料		
	防护门	内衬 3.0mm 铅板		
	观察窗	3.0mm 铅当量铅玻璃		
	穿墙管线屏蔽	管线穿墙位置处管道周围采用 3.0mm 铅屏蔽		
CT 手术室	四面墙*	3.0mm 铅板+160mm 厚蜂窝夹芯复合板	东西长：8.5m 南北长：7.0m 层高：4.5m	59.5m²
	顶棚	150mm 混凝土+2.0mm 铅板		
	地面	150mm 混凝土+30mm 硫酸钡涂料		
	防护门	内衬 3.0mm 铅板		
	观察窗	3.0mm 铅当量铅玻璃		

	穿墙管线屏蔽	管线穿墙位置处管道周围采用 3.0mm 铅屏蔽		

注：1. DSA 机房四面墙包括患者通道两侧墙壁， CT 手术室四面墙包括西北侧患者通道两侧墙壁；2.铅密度为：11.3g/cm³，硫酸钡涂料密度为：3.2g/cm³，混凝土密度为：2.35g/cm³。

4、DSA 机房的设计与标准要求的相符性分析评价

（1）本项目 DSA 机房、CT 手术室各屏蔽部位的铅当量厚度核算

由表 10-1、10-2 可知，本项目 DSA 机房、CT 手术室使用的屏蔽材料除铅板以外，还涉及混凝土、砖、硫酸钡涂料和铅玻璃。根据医院提供的材料，铅玻璃已给出具体铅当量，本项目按最大管电压（主束）核算机房各屏蔽部位屏蔽材料的等效铅当量厚度。

混凝土、砖、硫酸钡涂料等效铅当量按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中附录 C 给出的计算公式进行计算：

$$X=\frac{1}{\alpha\gamma}In\left(\frac{B^{-\gamma}+\frac{\beta}{\alpha}}{1+\frac{\beta}{\alpha}}\right) \qquad \text{公式 10-1}$$

式中：

X—给定屏蔽物质的铅厚度；

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；

B—给定屏蔽物质的屏蔽透射因子。

给定铅厚度的屏蔽透射因子 B 值对照 GBZ 130-2020 中附录 C 相应要求采用给出的计算公式进行计算：

$$B=\left[\left(1+\frac{\beta}{\alpha}\right)e^{\alpha\gamma X}-\frac{\beta}{\alpha}\right]^{-\frac{1}{\gamma}} \qquad \text{公式 10-2}$$

式中：B—给定屏蔽物质的屏蔽透射因子；

X—不同屏蔽物质的厚度；

α、β、γ—给定屏蔽物质对相应管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数.

本项目机房屏蔽部位涉及的混凝土按公式 10-1、公式 10-2 和表 10-3 参数，计算其屏蔽透射因子 *B*、铅当量厚度，计算结果列于下表。

表 10-4 混凝土屏蔽透射因子 *B*、铅当量厚度计算结果

管电压	屏蔽体	屏蔽透射因子 *B*	铅当量厚度（mm）
140kV	150mm 混凝土	3.70E-03	1.57
	30mm 硫酸钡涂料	9.92E-04	2.10
125kV	150mm 混凝土	1.09E-03	1.87
	30mm 硫酸钡涂料	8.99E-04	1.96
	240mm 实心砖	4.17E-04	2.28

（2）屏蔽防护铅当量厚度与标准要求的相符性分析

根据前述各屏蔽材料在额定管电压的最不利条件的等效铅当量厚度核算情况，对本项目拟建 DSA、CT 机房屏蔽体等效铅当量进行汇总并进行评价，结果见下表：

表 10-5　机房屏蔽体等效铅当量厚度核算及其与标准要求对比

DSA1 机房（125kV）				
屏蔽体	**屏蔽设计参数**	**等效铅当量（mmPb）**	**标准要求**	**评价结果**
四面墙	240mm 实心砖+30mm 硫酸钡涂料	4.24	2.0mmPb	满足要求
顶棚	150mm 混凝土+2.0mm 铅板 (1)	3.87	2.0mmPb	满足要求
地面	150mm 混凝土+30mm 硫酸钡涂料 (1)	3.83	2.0mmPb	满足要求
防护门	内衬 3.0mm 铅板	3.0	2.0mmPb	满足要求
观察窗	3.0mm 铅当量铅玻璃	3.0	2.0mmPb	满足要求
DSA2 机房（DSA 模式，125kV）				
屏蔽体	**屏蔽设计参数**	**等效铅当量（mmPb）**	**标准要求**	**评价结果**
四面墙	3.0mm 铅板+160mm 厚蜂窝夹芯复合板 (2)	3.0	2.0mmPb	满足要求
顶棚	150mm 混凝土+2.0mm 铅板	3.87	2.0mmPb	满足要求
地面	150mm 混凝土+30mm 硫酸钡涂料	3.83	2.0mmPb	满足要求
防护门	内衬 3.0mm 铅板	3.0	2.0mmPb	满足要求
观察窗	3.0mm 铅当量铅玻璃	3.0	2.0mmPb	满足要求
DSA2 机房（CT 模式，140kV）				
屏蔽体	**屏蔽设计参数**	**等效铅当量（mmPb）**	**标准要求**	**评价结果**
四面墙	3.0mm 铅板+160mm 厚蜂窝夹芯复合板 (2)	3.0	2.5mmPb	满足要求
顶棚	150mm 混凝土+2.0mm 铅板	3.57	2.5mmPb	满足要求
地面	150mm 混凝土+30mm 硫酸钡涂料	3.67	2.5mmPb	满足要求
防护门	内衬 3.0mm 铅板	3.0	2.5mmPb	满足要求
观察窗	3.0mm 铅当量铅玻璃	3.0	2.5mmPb	满足要求
CT 手术室（140kV）				
屏蔽体	**屏蔽设计参数**	**等效铅当量（mmPb）**	**标准要求**	**评价结果**
四面墙	3.0mm 铅板+160mm 厚蜂窝夹芯复合板 (2)	3.0	2.5mmPb	满足要求
顶棚	150mm 混凝土+2.0mm 铅板	3.57	2.5mmPb	满足要求
地面	150mm 混凝土+30mm 硫酸钡涂料	3.67	2.5mmPb	满足要求

防护门	内衬 3.0mm 铅板	3.0	2.5mmPb	满足要求
观察窗	3.0mm 铅当量铅玻璃	3.0	2.5mmPb	满足要求

注：(1)：底板及底板上方泡沫混凝土填层保守不计入相关的屏蔽计算；
(2)：蜂窝夹芯复合板保守不计入相关的屏蔽计算。

由上表可知，本项目 DSA1 机房、DSA2 机房屏蔽在最大管电压为 125kV 工况下屏蔽防护的等效铅当量满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）表 3 中 C 形臂 X 射线设备机房有用线束方向、非有用线束方向铅当量均不小于 2.0mmPb 的要求；DSA2 机房、CT 手术室屏蔽在最大管电压为 140kV 工况下屏蔽防护的等效铅当量满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）表 3 中 CT 机房有用线束方向、非有用线束方向铅当量均不小于 2.5mmPb 的要求。

（3）机房面积及单边长度符合性分析

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）表 2 要求，本项目各机房有效使用面积及最小单边长度符合性见下表：

表 10-6　机房面积及最小单边长度一览表

机房名称	拟设置情况		GBZ130 表 2 标准要求		符合性分析	备注
	最小单边长度（m）	有效使用面积（m^2）	最小单边长度（m）	最小有效使用面积（m^2）		
DSA1 机房	7.3	68.62	3.5	20	符合	按 C 形臂
DSA2 机房（复合手术室）	7.0	86.1	3.5	20	符合	按 C 形臂
			4.5	30	符合	按 CT 机
CT 手术室	7.0	59.5	4.5	30	符合	按 CT 机

由上表可知，本项目 DSA1 机房、DSA2 机房、CT 手术室最小单边长度、有效使用面积均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）表 2 的使用面积、单边长度要求。

5、工作场所辐射安全与防护措施（见图 10-3、图 10-4）

（1）电离辐射警告标志

本项目各机房防护门均拟设置“当心电离辐射”警告标志和中文警示说明。

（2）门灯联动及闭门装置

DSA1 机房设置 3 个防护门，南侧患者通道防护门（M1-1）为电动推拉门，设置防夹装置，电动推拉门应有曝光时关闭防护门的管理措施；西侧医护通道防护门

（M1-2）、北侧的污物通道门（M1-3）为平开门，设置自动闭门装置。

DSA2 机房设置 4 个防护门，北侧患者通道防护门（M2-1）、西侧与 CT 暂存间防护门（M2-4）为电动推拉门，设置防夹装置，电动推拉门应有曝光时关闭防护门的管理措施；北侧医护通道防护门（M2-2）、南侧的污物通道门（M2-3）为平开门，设置自动闭门装置。

CT 手术室设置 4 个防护门，北侧患者通道防护门（M3-1）、东侧与 CT 暂存间防护门（M3-4）为电动推拉门，设置防夹装置，电动推拉门应有曝光时关闭防护门的管理措施；北侧医护通道防护门（M3-2）、南侧的污物通道门（M3-3）为平开门，设置自动闭门装置。

患者通道防护门上方拟设置工作状态指示灯，并安装“射线有害、灯亮勿入”可视警示语句的灯箱，且工作状态指示灯与防护门能有效联动，在防护门关闭的情况下，工作状态指示灯才亮。

（3）急停按钮

机房 DSA 控制室操作台上拟设置 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；CT 控制室操作台上拟设置 1 个急停按钮。各急停按钮均与 X 射线系统连接，在出现紧急情况时，按下急停按钮即可停止 X 射线出束。

（4）观察窗及监控装置

各 DSA 机房控制室墙上拟设置观察窗，可有效观察到患者和受检者状态；在 DSA2 机房东墙设置视频监控装置，对防护门 M2-4 开闭情况进行观察；在 CT 手术室西墙设置视频监控装置对 M3-4 开闭情况进行观察。

（5）对讲装置

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；DSA 机房内对讲装置内置在床旁显示系统内，CT 设备室内对讲装置内置在 CT 设备机架内。

（6）辐射监测仪器

医院拟为本项目配备 1 台辐射巡测仪（全院共用，平时放置在医院放射科）、5 台个人剂量报警仪（每个 DSA 项目 2 台，CT 手术室 1 台），用于辐射防护监测和报警，所有辐射工作人员均已配备个人剂量计，工作时随身佩戴。辐射工作人员工作时将佩戴个人剂量计（医院拟对介入手术医生采用双剂量监测方法，在铅围裙外锁骨对应的领口位置佩戴剂量计，在铅围裙内躯干上再佩戴另一枚剂量计），每三个

月及时将剂量计送检，并建立个人剂量档案。

（7）个人防护用品

医院拟为DSA项目辐射工作人员及受检患者配备铅橡胶围裙、铅橡胶围脖、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；DSA设备配套铅悬挂防护屏、床侧防护帘（不低于0.5mm铅当量）防护用品；为CT手术室配备患者和受检者用铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套（不低于0.5mm铅当量）。具体配备情况见下表。

- 一

： DSA 3 。

（8）职业健康管理

医院拟为DSA项目配备10名辐射工作人员，均拟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；拟为CT手术室配备2名工作人员，均拟通过自主培训考核。拟对所有辐射工作人员开展职业健康监护，定期安排其在有相应资质单位进行职业健康体检，并建立职业健康档案。

（9）辐射安全管理制度

制定并落实射线装置相关的安全使用制度、管理制度，从事DSA辐射工作的医务人员均拟参加“医用X射线诊断与介入放射学”类别的辐射安全培训与考核。医务人员在操作过程中严格遵守操作规程，避免发生事故。

（10）其他辐射安全措施

根据辐射防护“三原则”，医院还应在以下方面加强防护：

1）操作中减少透视时间和摄片的次数，介入人员在操作时应尽量远离检查床。

2）应加强对介入人员的培训，包括辐射防护的培训，参与介入的人员应该技术熟练、动作迅速，以减少病人和介入人员的剂量。

3）本项目所有在介入放射手术室内的工作人员都应开展个人剂量监测，医院应结合个人剂量检测数据采取措施，减少工作人员的受照剂量。

4）配备的 DSA 及配套设备必须符合国际或国家标准，满足各种特殊操作的要求，其性能必须与操作性质相符合；在保证图像质量的情况下，设备应调节到满足低剂量的有效范围内。

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，比如采用小照射野、低频率脉冲透视等方法。

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定期进行检修。

7）临床介入手术时，介入医生需站在 DSA 床边操作，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，该屏蔽要做到既不影响操作者的操作，又能达到防护目的。如：铅悬挂防护屏、床侧防护帘、床上防护覆盖板、防护手术手套等。

8）候诊区设置放射防护注意事项告知栏，让病患及陪护者了解并遵守放射防护注意事项。

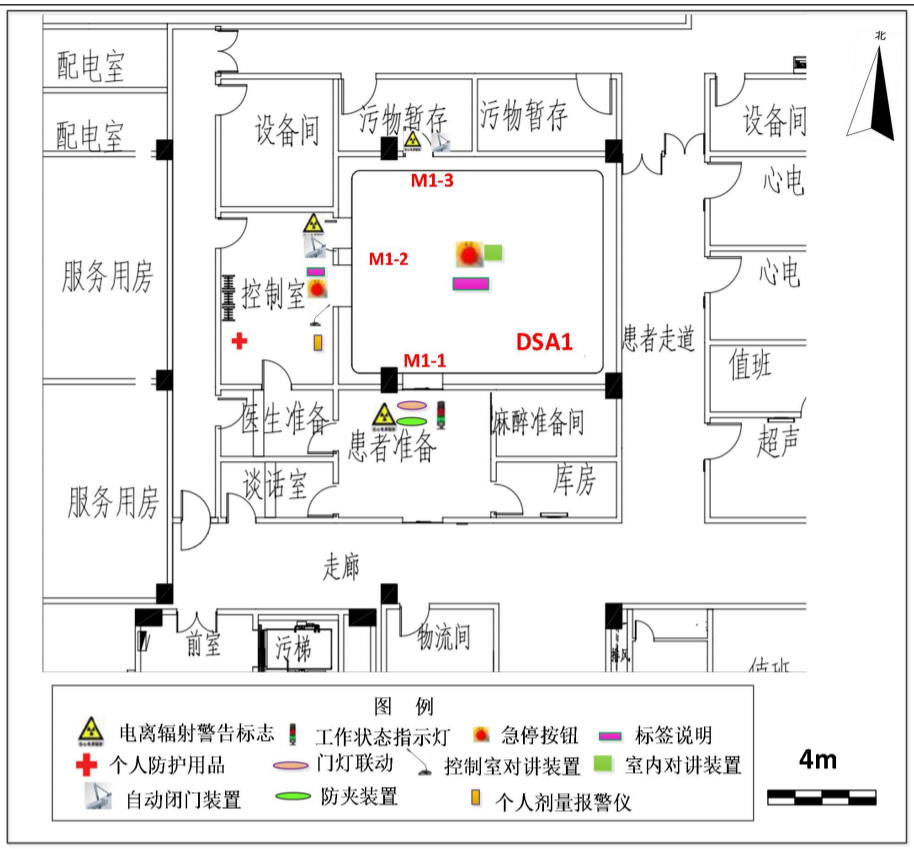

图 10-3　本项目 DSA1 机房辐射安全与防护设施分布示意图

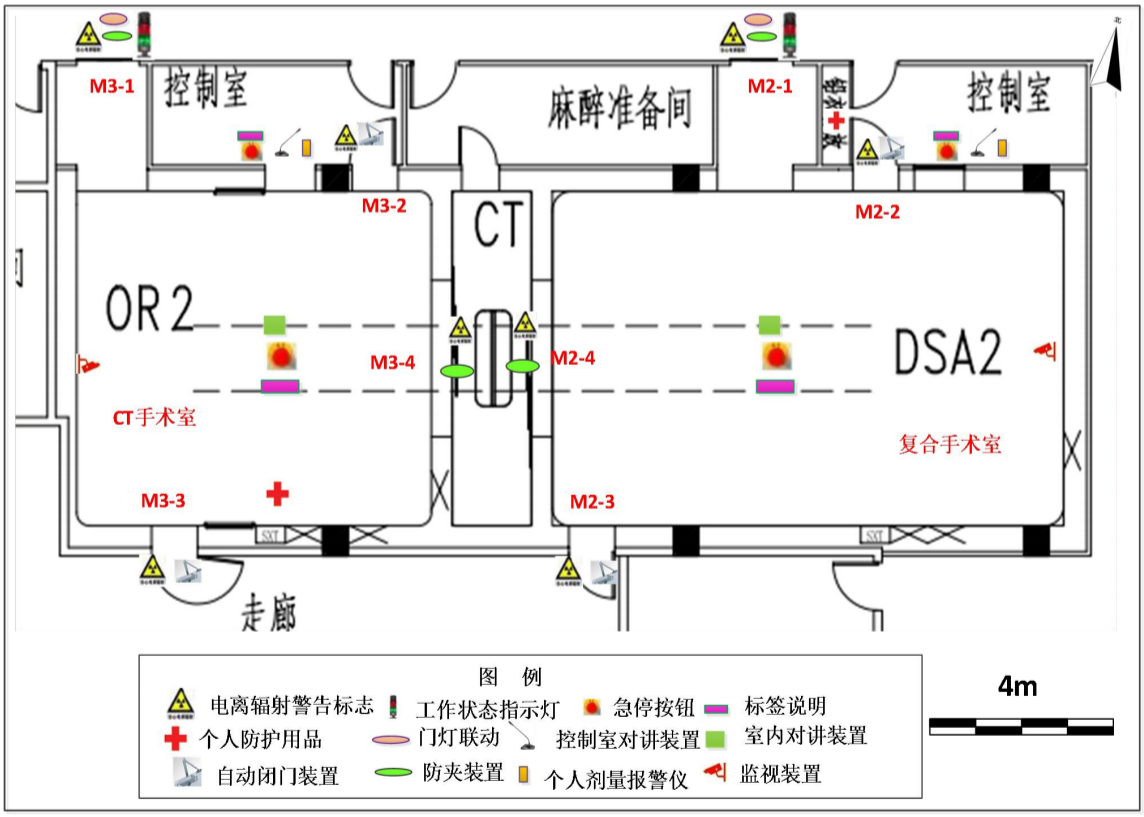

图 10-4　本项目 DSA2 机房、CT 手术室辐射安全与防护设施分布示意图

三废的治理

本项目为使用射线装置，在介入过程中无放射性废液、放射性废气以及放射性固体废弃物产生。

1、废水

工作人员产生的生活污水将进入医院污水处理系统，处理达标后排入市政污水管网，对周围环境影响较小。

2、废气

本项目各射线装置机房设计有通风系统，依托门急诊医技楼通风系统将机房废气排放至外环境，能满足机房的通风换气要求；臭氧在常温下约 50min 可自行分解为氧气，对环境影响较小。

3、固体废物

手术过程中产生的棉签、纱布、手套、器具、介入导丝、废造影剂、废造影剂瓶等医疗废物暂存在机房内的废物桶，手术结束后交医院医疗废物贮存点集中收集，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。

在采取以上相关固体废物污染措施后，本项目 DSA 产生的固体废物能得到合理处理，不会产生二次污染，不会对周边环境产生影响。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目 DSA 机房建设时主要工作为墙体建设及内饰装潢及设备安装，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：建设过程中将产生地面扬尘，机械作业时将排放废气，但此种影响仅限于施工现场附近区域。针对上述大气污染，医院拟采取及时清扫施工场地、设立围挡、保持施工场地一定湿度等措施。

2、噪声：建设过程中将产生不同程度的噪声，对周围环境造成一定影响。医院拟严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011），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：主要为施工人员的生活污水和建筑废水（含有泥浆），生活污水由医院建设工程污水处理设施处理达标后排至市政污水管网，建筑废水进行初级沉淀处理，并经隔渣后排放，对周围环境影响较小。

综上，本建设项目工程量较小，施工期较短。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

为了进一步评价屏蔽辐射防护效果，采用理论预测的方法进行影响分析。本项目 DSA 设备有用线束方向朝向影像增强器，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。本项目 DSA 保守按最大管电压 125kV（主束）、CT 保守按最大管电压 140kV 核算的屏蔽材料的等效铅当量进行辐射影响预测，DSA 非有用线束的辐射影响构成情况见下表。

表 11-1　本项目射线装置辐射影响构成情况

操作模式	正常运行时最大工况	射线种类	辐射影响对象
DSA 摄影模式	80kV/500mA	散射线、漏射线	机房外公众、控制室操作人员
DSA 透视模式	80kV/20mA	散射线、漏射线	机房外公众、控制室操作人员、机房内介入手术操作人员
CT	120kV/300mA	散射线、漏射线	机房外公众、控制室操作人员

1、关注点的选取

本项目 DSA1、DSA2 机房、CT 手术室的辐射影响预测点选取见表 11-2-1、表 11-2-2、表 11-2.3，点位示意图分别见图 11-1-1、图 11-1-2。

表 11-2-1　DSA1 机房预测点选取情况表

点位	点位说明	距离（m）
1-1	东墙外 30cm 处，患者走道	5.7
1-2	南墙外 30cm 处，患者准备间	4.6
1-3	防护门 M1-1 外 30cm 处，患者准备间	4.9
1-4	西墙外 30cm 处，控制室	5.9
1-5	观察窗外 30cm 处，控制室	5.7
1-6	防护门 M1-2 外 30cm 处，控制室	5.9
1-7	防护门 M1-3 外 30cm 处，污物暂存间	5.2
1-8	北墙外 30cm 处，污物暂存间	4.6
1-9	楼上 1F 层地面以上 100cm 处，MRI（1）机房	散射：4.45；漏射：4.95
1-10	楼下 B1F 层地面以上 170cm 处，停车位	散射：6.75；漏射：6.25
1-11	第一术者位	0.5
1-12	第二术者位	1

注：1、机房四侧屏蔽体外关注点位于屏蔽体外 30cm 处，机房上关注点位于距上方（楼上）地面 100cm 处，机房下方关注点位于距下方（楼下）地面 170cm 处。

上、下方距离：漏射为球管（距离地面 0.5m）至关注点距离，散射为患者（距离地面 1m）至关注点距离。

2、项目 G F 层净高 4.0m，GF 层楼板厚度 0.15m，地面填层厚度 0.6m，楼下 B1F 层净高 6.7m；楼上 1F 层楼板厚度 0.15m，地面填层厚度 0.3m。

上方距离：1F 层 MRI（1）机房：散射：ds=4.0-1.0+0.15+0.3+1.0=4.45m；漏射：ds=4.0-0.5+0.15+0.3+1.0=4.95m。

下方距离：B1F 层停车位：散射：ds=6.7-1.7+0.15+0.6+1.0=6.75m；漏射：ds=6.7-1.7+0.15+0.6+0.5=6.25m。

3、DSA 机房四周受照体至关注点的距离 *ds* 通过 CAD 设计图量取。

表 11-2-2　DSA2 机房预测点选取情况表

点位	点位说明	距离（m）
2-1	东墙外 30cm 处，护士站	7.1
2-2	南墙外 30cm 处，高值耗材库	4.8

2-3	防护门 M2-3 外 30cm 处，走廊	7.4
2-4	西墙外 30cm 处，CT 暂存间	7.4
2-5	防护门 M2-4 外 30cm 处，CT 暂存间	7.1
2-6	北墙外 30cm 处，麻醉准备间	5.3
2-7	防护门 M2-1 外 30cm 处，走廊	7.3
2-8	北墙外 30cm 处，控制室	4.9
2-9	防护门 M2-2 外 30cm 处，控制室	5.0
2-10	观察窗外 30cm 处，控制室	5.7
2-11	4F 层地面以上 100cm 处，楼顶	散射：4.5（DSA 模式、CT 模式）； 漏射：5.0（DSA 模式）；3.5（CT 模式）
2-12	2F 层地面以上 170cm 处，临检大厅	散射：3.8（DSA 模式、CT 模式）； 漏射：3.3（DSA 模式、CT 模式）
2-13	第一术者位	0.5
2-14	第二术者位	1

注：1、机房四侧屏蔽体外关注点位于屏蔽体外 30cm 处，机房上关注点位于距上方（楼上）地面 100cm 处，机房下方关注点位于距下方（楼下）地面 170cm 处。

上、下方距离：漏射为球管（DSA 球管距离地面 0.5m；CT 球管距下侧距离地面 0.5m，上侧距地面约 2.0m）至关注点距离，散射为患者（距离地面 1m）至关注点距离。

2、项目 3F 层净高 4.35m，3F 层顶板、底板厚度 0.15m，楼下 2F 层净高 4.35m。

DSA 模式：

上方距离：4F 层楼顶：散射：ds=4.35-1.0+0.15+1.0=4.5m；漏射：ds=4.35-0.5+0.15+1.0=5.0m。

下方距离：2F 层临检大厅：散射：ds=4.35-1.7+0.15+1.0=3.8m；漏射：ds=4.35-1.7+0.15+0.5=3.3m。

CT 模式：

上方距离：4F 层楼顶：散射：ds=4.35-1.0+0.15+1.0=4.5m；漏射：ds=4.35-2.0+0.15+1.0=3.5m。

下方距离：2F 层临检大厅：散射：ds=4.35-1.7+0.15+1.0=3.8m；漏射：ds=4.35-1.7+0.15+0.5=3.3m。

3、DSA 机房四周受照体至关注点的距离 *ds* 通过 CAD 设计图量取。

表 11-2-3　CT 手术室预测点选取情况表

点位	点位说明	距离（m）
3-1	防护门 M3-4 外 30cm 处，CT 暂存间	5.1
3-2	东墙外 30cm 处，CT 暂存间	5.5
3-3	南墙外 30cm 处，走廊	4.8
3-4	防护门 M3-3 外 30cm 处，走廊	5.3
3-5	西墙外 30cm 处，清洗间	5.2
3-6	防护门 M3-1 外 30cm 处，走廊	8.2
3-7	北墙外 30cm 处，控制室	4.8
3-8	观察窗外 30cm 处，控制室	4.9
3-9	防护门 M3-2 外 30cm 处，控制室	5.7
3-10	4F 层地面以上 100cm 处，楼顶	散射：4.5；漏射：3.5
3-11	2F 层地面以上 170cm 处，临检大厅	散射：3.8；漏射：3.3

注：1、机房四侧屏蔽体外关注点位于屏蔽体外 30cm 处，机房上关注点位于距上方（楼上）地面 100cm 处，机房下方关注点位于距下方（楼下）地面 170cm 处。

上、下方距离：漏射为 CT 球管（下侧距离地面 0.5m，上侧距地面约 2.0m）至关注点距离，散射为患者（距离地面 1m）至关注点距离。

2、项目 3F 层净高 4.35m，3F 层顶板、底板厚度 0.15m，楼下 2F 层净高 4.35m。

上方距离：4F 层楼顶：散射：ds=4.35-1.0+0.15+1.0=4.5m；漏射：ds=4.35-2.0+0.15+1.0=3.5m。

下方距离：2F 层临检大厅：散射：ds=4.35-1.7+0.15+1.0=3.8m；漏射：ds=4.35-1.7+0.15+0.5=3.3m。

3、CT 手术室四周受照体至关注点的距离 *ds* 通过 CAD 设计图量取。

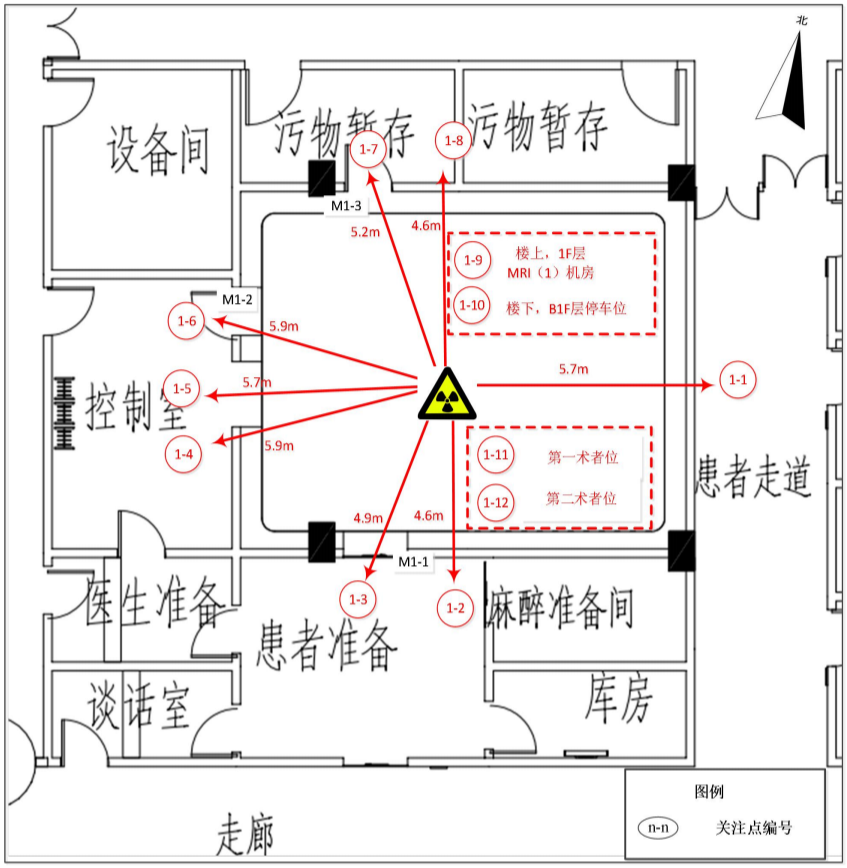

图 11-1-1　本项目 DSA1 计算点位示意图

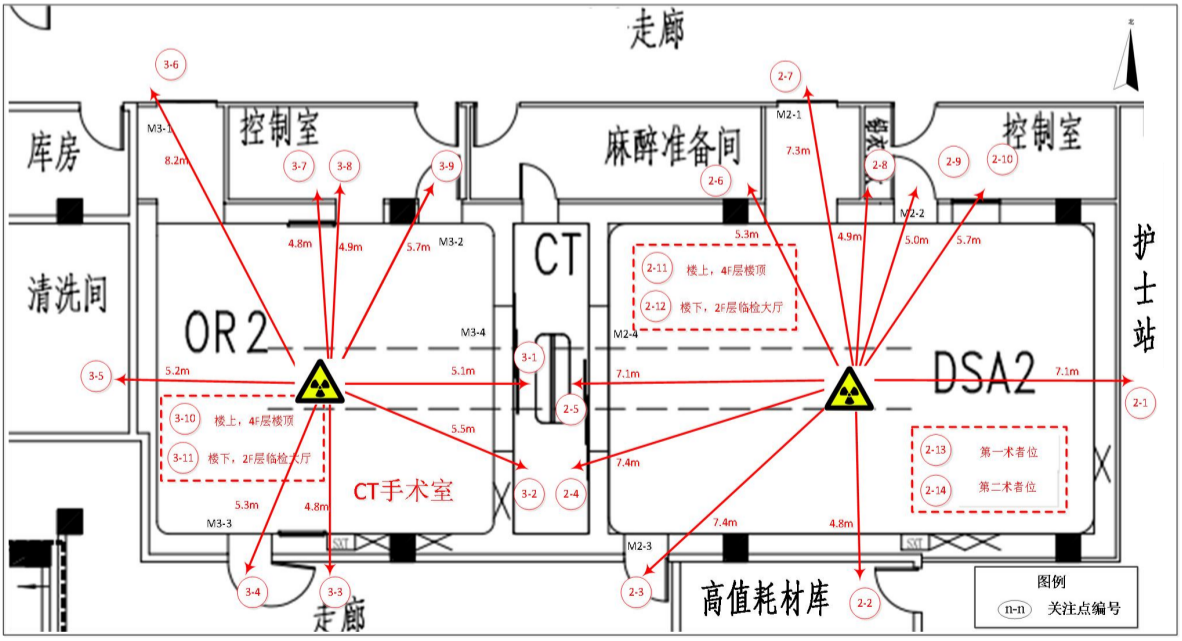

图 11-1-2　本项目 DSA2、CT 手术室计算点位示意图

2、辐射影响计算

（1）关注点处散射辐射剂量率计算

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辐射剂量率 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 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：

$$H_s = \frac{H_0 \cdot I \cdot a \cdot (s/400) \cdot B_s}{d_0^2 \cdot d_s^2} \cdot K \qquad \text{公式 11-1}$$

式中：

Hs—关注点处散射辐射有效剂量率，μSv/h；

H_0—X 射线机发射率常数（当管电流为 1mA 时，距离阳极靶 1m 处由主束产生的比释动能率），$mGy \cdot m^2 \cdot mA^{-1} \cdot min^{-1}$；根据辐射源项分析，DSA 取 $5mGy \cdot m^2/(mA \cdot min)$，即 $300000\mu Gy \cdot m^2/(mA \cdot h)$；CT 取 $10mGy \cdot m^2/(mA \cdot min)$，即 $600000\mu Gy \cdot m^2/(mA \cdot h)$。

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，CT 为 300mA；

a—人体对 X 射线的散射照射量与入射照射量之比值，查《辐射防护手册（第一分册）》表 10.1，对于本项目 DSA 正常工作最大使用电压为 80kV 时的 *a* 取值 0.0008；CT 正常工作最大使用电压为 120kV 时的 *a* 取值 0.0015；

S—主束在受照人体上的散射面积，本项目 DSA 取常用最大照射面积 256cm²，CT 取常用照射面积 100cm²；

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，m；

B_s——屏蔽材料对散射线的透射因子，无量纲，计算公式见式 10-2；此处散射线是指本项目常用最大管电压（80kV、120kV，即 0.08MV、0.12MV）下有用线束（初级 X 射线）的散射线，其能量偏保守取有用线束侧向（散射角θ=90°）的一次散射线能量，根据《辐射防护手册（第一分册）》的能量散射公式：

$$E=\frac{E_0}{1+\frac{E_0(1-\cos\theta)}{0.511}}$$ 公式 11-2

80kV 射线经过一次散射后的能量值约为 69.2kV，保守取值 70kV；120kV 射线经过一次散射后的能量值约为 97.2kV，保守取值为 100kV。分别按 70kV、100kV 管电压从 NCRP147 报告 TABLE C.1 查铅的 X 射线辐射衰减有关的拟合参数α、β、γ值，见下表。

表 11-3 铅对 70kV 管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数

管电压	α	β	γ
70kV	5.369	23.49	0.5883
100kV（CT）	2.507	15.33	0.9124

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 G.2，表中无 70kV、100kV 对应的数据，利用拟合曲线计算 70kV 时有效剂量与空气比释动能转换系数为 1.60Sv/Gy，100kV 时有效剂量与空气比释动能转换系数为 1.70Sv/Gy。

将前述有关参数代入公式 11-1，DSA1、DSA2 机房（DSA 模式）透视和摄影模式下机房外公众、控制室操作人员、机房内介入操作人员处散射辐射剂量率计算结果见表 11-4-1、表 11-4-2；DSA2 机房（CT 模式）、CT 手术室外公众、控制室医护人员处散射辐射剂量率计算结果见表 11-4-3、表 11-4-4。

表 11-4-1 DSA1 机房关注点处散射辐射剂量率计算结果

关注点位置（点位编号）	操作模式	H_0	I	Bs	d_0	ds	Hs
		μGy•m²/（mA•h）	mA	/	m	m	μSv/h
东墙外 30cm 处，患者走道（1-1）	透视模式	300000	20	7.45E-12	0.45	5.7	5.56E-09
	摄影模式		500				1.39E-07
南墙外 30cm 处，患者准备间（1-2）	透视模式	300000	20	7.45E-12	0.45	4.6	8.54E-09
	摄影模式		500				2.14E-07
防护门 M1-1 外 30cm 处，患者准备间（1-3）	透视模式	300000	20	5.80E-09	0.45	4.9	5.86E-06
	摄影模式		500				1.47E-04
西墙外 30cm 处，控制室（1-4）	透视模式	300000	20	7.45E-12	0.45	5.9	5.19E-09
	摄影模式		500				1.30E-07
观察窗外 30cm 处，控	透视模式	300000	20	5.80E-09	0.45	5.7	4.33E-06

制室（1-5）		摄影模式		500				1.08E-04
防护门 M1-2 外 30cm 处，控制室（1-6）		透视模式	300000	20	5.80E-09	0.45	5.9	4.04E-06
		摄影模式		500				1.01E-04
防护门 M1-3 外 30cm 处，污物暂存间（1-7）		透视模式	300000	20	5.80E-09	0.45	5.2	5.21E-06
		摄影模式		500				1.30E-04
北墙外 30cm 处，污物暂存间（1-8）		透视模式	300000	20	7.45E-12	0.45	4.6	8.54E-09
		摄影模式		500				2.14E-07
楼上 1F 层地面以上 100cm 处，MRI（1）机房（1-9）		透视模式	300000	20	5.43E-11	0.45	4.45	6.65E-08
		摄影模式		500				1.66E-06
楼下 B1F 层地面以上 170cm 处，停车位（1-10）		透视模式	300000	20	6.73E-11	0.45	6.75	3.58E-08
		摄影模式		500				8.96E-07
第一术者位（1-11）	铅衣内	透视模式	300000	20	2.84E-04	0.45	0.5	27.54
	铅衣外	透视模式		20	5.35E-03	0.45	0.5	519.24
第二术者位（1-12）	铅衣内	透视模式	300000	20	2.84E-04	0.45	1.0	6.88
	铅衣外	透视模式		20	5.35E-03	0.45	1.0	129.81

注：第一、第二术者位防护为 DSA 设备配套铅悬挂防护屏、床侧防护帘（不低于 0.5mmPb）。

表 11-4-2　DSA2 机房关注点处散射辐射剂量率计算结果（DSA 模式）

关注点位置（点位编号）		操作模式	H_0	I	Bs	d_0	ds	Hs
			μGy•m²/（mA•h）	mA	/	m	m	μSv/h
东墙外 30cm 处，护士站(2-1)		透视模式	300000	20	5.80E-09	0.45	7.1	2.79E-06
		摄影模式		500				6.98E-05
南墙外 30cm 处，高值耗材库(2-2)		透视模式	300000	20	5.80E-09	0.45	4.8	6.11E-06
		摄影模式		500				1.53E-04
防护门 M2-3 外 30cm 处，走廊(2-3)		透视模式	300000	20	5.80E-09	0.45	7.4	2.57E-06
		摄影模式		500				6.43E-05
西墙外 30cm 处，CT 暂存间(2-4)		透视模式	300000	20	5.80E-09	0.45	7.4	2.57E-06
		摄影模式		500				6.43E-05
防护门 M2-4 外 30cm 处，CT 暂存间(2-5)		透视模式	300000	20	5.80E-09	0.45	7.1	2.79E-06
		摄影模式		500				6.98E-05
北墙外 30cm 处，麻醉准备间(2-6)		透视模式	300000	20	5.80E-09	0.45	5.3	5.01E-06
		摄影模式		500				1.25E-04
防护门 M2-1 外 30cm		透视模式	300000	20	5.80E-09	0.45	7.3	2.64E-06

处，走廊(2-7)		摄影模式		500				6.60E-05
北墙外 30cm 处，控制室(2-8)		透视模式	300000	20	5.80E-09	0.45	4.9	5.86E-06
		摄影模式		500				1.47E-04
防护门 M2-2 外 30cm 处，控制室(2-9)		透视模式	300000	20	5.80E-09	0.45	5.0	5.63E-06
		摄影模式		500				1.41E-04
观察窗外 30cm 处，控制室(2-10)		透视模式	300000	20	5.80E-09	0.45	5.7	4.33E-06
		摄影模式		500				1.08E-04
4F 层地面以上 100cm 处，楼顶(2-11)		透视模式	300000	20	5.43E-11	0.45	4.5	6.51E-08
		摄影模式		500				1.63E-06
2F 层地面以上 170cm 处，临检大厅(2-12)		透视模式	300000	20	6.73E-11	0.45	3.8	1.13E-07
		摄影模式		500				2.83E-06
第一术者位（2-13）	铅衣内	透视模式	300000	20	2.84E-04	0.45	0.5	27.54
	铅衣外	透视模式		20	5.35E-03	0.45	0.5	519.24
第二术者位（2-14）	铅衣内	透视模式	300000	20	2.84E-04	0.45	1.0	6.88
	铅衣外	透视模式		20	5.35E-03	0.45	1.0	129.81

注：第一、第二术者位防护为 DSA 设备配套铅悬挂防护屏、床侧防护帘（不低于 0.5mmPb）。

表 11-4-3　DSA2 机房关注点处散射辐射剂量率计算结果（CT 模式）

关注点位置（点位编号）	H_0	I	Bs	d_0	ds	Hs
	μGy•m²/（mA•h）	mA	/	m	m	μSv/h
东墙外 30cm 处，护士站(2-1)	600000	300	6.31E-05	0.45	7.1	7.09E-01
南墙外 30cm 处，高值耗材库(2-2)	600000	300	6.31E-05	0.45	4.8	1.55E+00
防护门 M2-3 外 30cm 处，走廊(2-3)	600000	300	6.31E-05	0.45	7.4	6.53E-01
西墙外 30cm 处，CT 暂存间(2-4)	600000	300	6.31E-05	0.45	7.4	6.53E-01
防护门 M2-4 外 30cm 处，CT 暂存间(2-5)	600000	300	6.31E-05	0.45	7.1	7.09E-01
北墙外 30cm 处，麻醉准备间(2-6)	600000	300	6.31E-05	0.45	5.3	1.27E+00
防护门 M2-1 外 30cm 处，走廊(2-7)	600000	300	6.31E-05	0.45	7.3	6.71E-01
北墙外 30cm 处，控制室(2-8)	600000	300	6.31E-05	0.45	4.9	1.49E+00
防护门 M2-2 外 30cm 处，控制室(2-9)	600000	300	6.31E-05	0.45	5	1.43E+00
观察窗外 30cm 处，控制室(2-10)	600000	300	6.31E-05	0.45	5.7	1.10E+00
4F 层地面以上 100cm 处，楼顶(2-11)	600000	300	1.51E-05	0.45	4.5	4.23E-01
2F 层地面以上 170cm 处，临检大厅（2-12）	600000	300	1.18E-05	0.45	3.8	4.61E-01

表 11-4-4　CT 手术室关注点处散射辐射剂量率计算结果

关注点位置（点位编号）	H_0	I	Bs	d_0	ds	Hs
	μGy•m²/（mA•h）	mA	/	m	m	μSv/h
防护门 M3-4 外 30cm 处，CT 暂存间(3-1)	600000	300	6.31E-05	0.45	5.1	1.37E+00
东墙外 30cm 处，CT 暂存间(3-2)	600000	300	6.31E-05	0.45	5.5	1.18E+00
南墙外 30cm 处，走廊(3-3)	600000	300	6.31E-05	0.45	4.8	1.55E+00
防护门 M3-3 外 30cm 处，走廊(3-4)	600000	300	6.31E-05	0.45	5.3	1.27E+00
西墙外 30cm 处，清洗间(3-5)	600000	300	6.31E-05	0.45	5.2	1.32E+00
防护门 M3-1 外 30cm 处，走廊(3-6)	600000	300	6.31E-05	0.45	8.2	5.32E-01
北墙外 30cm 处，控制室(3-7)	600000	300	6.31E-05	0.45	4.8	1.55E+00
观察窗外 30cm 处，控制室(3-8)	600000	300	6.31E-05	0.45	4.9	1.49E+00
防护门 M3-2 外 30cm 处，控制室(3-9)	600000	300	6.31E-05	0.45	5.7	1.10E+00
4F 层地面以上 100cm 处，楼顶（3-10）	600000	300	1.51E-05	0.45	4.5	4.23E-01
2F 层地面以上 170cm 处，临检大厅(3-11)	600000	300	1.18E-05	0.45	3.8	4.61E-01

（2）关注点处泄漏辐射剂量率计算

DSA 泄漏辐射剂量率采用下式计算：

$$\dot{H}_L = \frac{H_i \cdot B}{r^2} \cdot K$$　　公式 11-3

式中：

H_i—距靶 1m 处泄漏射线的空气比释动能率，mGy/h；根据本报告表 9 中污染源项描述，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，根据公式 10-2 进行计算。

r—源至关注点的距离，m；

α、β、γ—铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；本项目 DSA 正常运行最大管电压 80kV，按 80kV 管电压从 NCRP147 报告 TABLE A.1 查铅的 X 射线辐射衰减有关的拟合参数α、β、γ值，按 120kV 管电压 GBZ 130-120 表 C.2 查铅的 X 射线辐射衰减有关的拟合参数α、β、γ值，见下表。

表 11-5　铅对 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数

管电压	α	β	γ
80kV	4.040	21.69	0.7187
120kV	2.246	5.730	0.5470

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 G.2，管电压为 80kV 时有效剂量与空气比释动能转换系数取 1.67Sv/Gy；表中无 120kV 对应的数据，利用拟合曲线计算 120kV 时有效剂量与空气比释动能转换系数为 1.70Sv/Gy。

将前述有关参数代入公式 11-3，DSA1、DSA2 机房（DSA 模式）透视和摄影模式下机房外公众、控制室操作人员、机房内介入操作人员处漏射辐射剂量率计算结果见表 11-6-1、表 11-6-2；DSA2 机房（CT 模式）、CT 手术室外公众、控制室医护人员处漏射辐射剂量率计算结果见表 11-6-3、表 11-6-4。

表 11-6-1 DSA1 机房关注点处漏射线辐射剂量率计算结果

关注点位置		H_l	r	B	$\dot{H}_L$
		mGy/h	m	/	μSv/h
东墙外 30cm 处，患者走道（1-1）		1	5.7	2.77E-09	1.42E-07
南墙外 30cm 处，患者准备间（1-2）		1	4.6	2.77E-09	2.18E-07
防护门 M1-1 外 30cm 处，患者准备间（1-3）		1	4.9	4.15E-07	2.88E-05
西墙外 30cm 处，控制室（1-4）		1	5.9	2.77E-09	1.33E-07
观察窗外 30cm 处，控制室（1-5）		1	5.7	4.15E-07	2.13E-05
防护门 M1-2 外 30cm 处，控制室（1-6）		1	5.9	4.15E-07	1.99E-05
防护门 M1-3 外 30cm 处，污物暂存间（1-7）		1	5.2	4.15E-07	2.56E-05
北墙外 30cm 处，污物暂存间（1-8）		1	4.6	2.77E-09	2.18E-07
楼上 1F 层地面以上 100cm 处，MRI（1）机房（1-9）		1	4.95	1.23E-08	8.41E-07
楼下 B1F 层地面以上 170cm 处，停车位（1-10）		1	6.25	1.45E-08	6.20E-07
第一术者位（1-11）	铅衣内	1	0.5	1.43E-03	9.55
	铅衣外	1	0.5	1.37E-02	91.54
第二术者位（1-12）	铅衣内	1	1	1.43E-03	2.39
	铅衣外	1	1	1.37E-02	22.88

注：第一、第二术者位防护为 DSA 设备配套铅悬挂防护屏、床侧防护帘（不低于 0.5mmPb）。

表 11-6-2 DSA2 机房关注点处漏射线辐射剂量率计算结果（DSA 模式）

关注点位置	H_l	r	B	$\dot{H}_L$
	mGy/h	m	/	μSv/h
东墙外 30cm 处，护士站(2-1)	1	7.1	4.15E-07	1.37E-05
南墙外 30cm 处，高值耗材库(2-2)	1	4.8	4.15E-07	3.01E-05

防护门 M2-3 外 30cm 处，走廊(2-3)		1	7.4	4.15E-07	1.26E-05
西墙外 30cm 处，CT 暂存间(2-4)		1	7.4	4.15E-07	1.26E-05
防护门 M2-4 外 30cm 处，CT 暂存间(2-5)		1	7.1	4.15E-07	1.37E-05
北墙外 30cm 处，麻醉准备间(2-6)		1	5.3	4.15E-07	2.47E-05
防护门 M2-1 外 30cm 处，走廊(2-7)		1	7.3	4.15E-07	1.30E-05
北墙外 30cm 处，控制室(2-8)		1	4.9	4.15E-07	2.88E-05
防护门 M2-2 外 30cm 处，控制室(2-9)		1	5.0	4.15E-07	2.77E-05
观察窗外 30cm 处，控制室(2-10)			5.7	4.15E-07	2.13E-05
4F 层地面以上 100cm 处，楼顶(2-11)		1	3.5	1.23E-08	8.24E-07
2F 层地面以上 170cm 处，临检大厅(2-12)			3.3	1.45E-08	2.22E-06
第一术者位（2-13）	铅衣内	1	0.5	1.43E-03	9.55
	铅衣外	1	0.5	1.37E-02	91.54
第二术者位（2-14）	铅衣内	1	1	1.43E-03	2.39
	铅衣外	1	1	1.37E-02	22.88

注：第一、第二术者位防护为 DSA 设备配套铅悬挂防护屏、床侧防护帘（不低于 0.5mmPb）。

表 11-6-3　DSA2 机房关注点处漏射线辐射剂量率计算结果（CT 模式）

关注点位置	H_l	r	B	$\dot{H}_L$
	mGy/h	m	/	μSv/h
东墙外 30cm 处，护士站(2-1)	1	7.1	1.21E-04	4.07E-03
南墙外 30cm 处，高值耗材库(2-2)	1	4.8	1.21E-04	8.75E-03
防护门 M2-3 外 30cm 处，走廊(2-3)	1	7.4	1.21E-04	3.68E-03
西墙外 30cm 处，CT 暂存间(2-4)	1	7.4	1.21E-04	3.68E-03
防护门 M2-4 外 30cm 处，CT 暂存间(2-5)	1	7.1	1.21E-04	4.00E-03
北墙外 30cm 处，麻醉准备间(2-6)	1	5.3	1.21E-04	7.18E-03
防护门 M2-1 外 30cm 处，走廊(2-7)	1	7.3	1.21E-04	3.78E-03
北墙外 30cm 处，控制室(2-8)	1	4.9	1.21E-04	8.40E-03
防护门 M2-2 外 30cm 处，控制室(2-9)	1	5.0	1.21E-04	8.07E-03
观察窗外 30cm 处，控制室(2-10)	1	5.7	1.21E-04	6.21E-03
4F 层地面以上 100cm 处，楼顶(2-11)	1	5.0	3.30E-05	4.50E-03
2F 层地面以上 170cm 处，临检大厅(2-12)	1	3.3	2.63E-05	4.04E-03

表 11-6-4　CT 手术室关注点处漏射线辐射剂量率计算结果

关注点位置	H_l	r	B	$\dot{H}_L$
	mGy/h	m	/	μSv/h
防护门 M3-4 外 30cm 处，CT 暂存间(3-1)	1	5.1	1.21E-04	7.89E-03
东墙外 30cm 处，CT 暂存间(3-2)	1	5.5	1.21E-04	6.79E-03
南墙外 30cm 处，走廊(3-3)	1	4.8	1.21E-04	8.91E-03
防护门 M3-3 外 30cm 处，走廊(3-4)	1	5.3	1.21E-04	7.31E-03
西墙外 30cm 处，清洗间(3-5)	1	5.2	1.21E-04	7.59E-03
防护门 M3-1 外 30cm 处，走廊(3-6)	1	8.2	1.21E-04	3.05E-03
北墙外 30cm 处，控制室(3-7)	1	4.8	1.21E-04	8.91E-03
观察窗外 30cm 处，控制室(3-8)	1	4.9	1.21E-04	8.55E-03
防护门 M3-2 外 30cm 处，控制室(3-9)	1	5.7	1.21E-04	6.32E-03
4F 层地面以上 100cm 处，楼顶(3-10)	1	3.5	3.30E-05	4.58E-03
2F 层地面以上 170cm 处，临检大厅(3-11)	1	3.3	2.63E-05	4.11E-03

（3）关注点处预测计算结果汇总

根据上述计算结果，对各机房外各关注点处的辐射剂量率理论估算结果进行汇总，见表 11-7-1~表 11-7-4。

表 11-7-1　DSA1 机房关注点处辐射剂量率计算结果

关注点位置（点位编号）	使用模式	辐射剂量率（μSv/h）		辐射剂量率合计（μSv/h）
		散射线	漏射线	
东墙外 30cm 处，患者走道（1-1）	透视	5.56E-09	1.42E-07	1.48E-07
	摄影	1.39E-07	1.42E-07	2.81E-07
南墙外 30cm 处，患者准备间（1-2）	透视	8.54E-09	2.18E-07	2.27E-07
	摄影	2.14E-07	2.18E-07	4.32E-07
防护门 M1-1 外 30cm 处，患者准备间（1-3）	透视	5.86E-06	2.88E-05	3.47E-05
	摄影	1.47E-04	2.88E-05	1.75E-04
西墙外 30cm 处，控制室（1-4）	透视	5.19E-09	1.33E-07	1.38E-07
	摄影	1.30E-07	1.33E-07	2.63E-07
观察窗外 30cm 处，控制室（1-5）	透视	4.33E-06	2.13E-05	2.56E-05
	摄影	1.08E-04	2.13E-05	1.30E-04
防护门 M1-2 外 30cm 处，控制室（1-6）	透视	4.04E-06	1.99E-05	2.39E-05
	摄影	1.01E-04	1.99E-05	1.21E-04

防护门 M1-3 外 30cm 处，污物暂存间（1-7）		透视	5.21E-06	2.56E-05	3.08E-05
		摄影	1.30E-04	2.56E-05	1.56E-04
北墙外 30cm 处，污物暂存间（1-8）		透视	8.54E-09	2.18E-07	2.27E-07
		摄影	2.14E-07	2.18E-07	4.32E-07
楼上 1F 层地面以上 100cm 处，MRI（1）机房（1-9）		透视	6.65E-08	8.41E-07	9.07E-07
		摄影	1.66E-06	8.41E-07	2.50E-06
楼下 B1F 层地面以上 170cm 处，停车位（1-10）		透视	3.58E-08	6.20E-07	6.56E-07
		摄影	8.96E-07	6.20E-07	1.52E-06
第一术者位（1-11）	铅衣内	透视	27.54	9.55	37.09
	铅衣外	透视	519.24	91.54	610.78
第二术者位（1-12）	铅衣内	透视	6.88	2.39	9.27
	铅衣外	透视	129.81	22.88	152.69

注：第一、第二术者位防护为 DSA 设备配套铅悬挂防护屏、床侧防护帘（不低于 0.5mmPb）。

表 11-7-2 DSA2 机房关注点处辐射剂量率计算结果（DSA 模式）

关注点位置（点位编号）	使用模式	辐射剂量率（μSv/h）		辐射剂量率合计（μSv/h）
		散射线	漏射线	
东墙外 30cm 处，护士站(2-1)	透视	2.79E-06	1.37E-05	1.65E-05
	摄影	6.98E-05	1.37E-05	8.35E-05
南墙外 30cm 处，高值耗材库(2-2)	透视	6.11E-06	3.01E-05	3.62E-05
	摄影	1.53E-04	3.01E-05	1.83E-04
防护门 M2-3 外 30cm 处，走廊(2-3)	透视	2.57E-06	1.26E-05	1.52E-05
	摄影	6.43E-05	1.26E-05	7.69E-05
西墙外 30cm 处，CT 暂存间(2-4)	透视	2.57E-06	1.26E-05	1.52E-05
	摄影	6.43E-05	1.26E-05	7.69E-05
防护门 M2-4 外 30cm 处，CT 暂存间(2-5)	透视	2.79E-06	1.37E-05	1.65E-05
	摄影	6.98E-05	1.37E-05	8.35E-05
北墙外 30cm 处，麻醉准备间(2-6)	透视	5.01E-06	2.47E-05	2.97E-05
	摄影	1.25E-04	2.47E-05	1.50E-04
防护门 M2-1 外 30cm 处，走廊(2-7)	透视	2.64E-06	1.30E-05	1.56E-05
	摄影	6.60E-05	1.30E-05	7.90E-05
北墙外 30cm 处，控制室(2-8)	透视	5.86E-06	2.88E-05	3.47E-05
	摄影	1.47E-04	2.88E-05	1.75E-04
防护门 M2-2 外 30cm	透视	5.63E-06	2.77E-05	3.33E-05

处，控制室(2-9)		摄影	1.41E-04	2.77E-05	1.68E-04
观察窗外 30cm 处，控制室(2-10)		透视	4.33E-06	2.13E-05	2.56E-05
		摄影	1.08E-04	2.13E-05	1.30E-04
4F 层地面以上 100cm 处，楼顶(2-11)		透视	6.51E-08	8.24E-07	8.89E-07
		摄影	1.63E-06	8.24E-07	2.45E-06
2F 层地面以上 170cm 处，临检大厅(2-12)		透视	1.13E-07	2.22E-06	2.34E-06
		摄影	2.83E-06	2.22E-06	5.05E-06
第一术者位（2-13）	铅衣内	透视	27.54	9.55	37.09
	铅衣外	透视	519.24	91.54	610.78
第二术者位（2-14）	铅衣内	透视	6.88	2.39	9.27
	铅衣外	透视	129.81	22.88	152.69

注：第一、第二术者位防护为 DSA 设备配套铅悬挂防护屏、床侧防护帘（不低于 0.5mmPb）。

表 11-7-3 DSA2 机房关注点处辐射剂量率计算结果（CT 模式）

关注点位置（点位编号）	辐射剂量率（μSv/h）		辐射剂量率合计（μSv/h）
	散射线	漏射线	
东墙外 30cm 处，护士站(2-1)	7.09E-01	4.07E-03	7.14E-01
南墙外 30cm 处，高值耗材库(2-2)	1.55E+00	8.75E-03	1.56E+00
防护门 M2-3 外 30cm 处，走廊(2-3)	6.53E-01	3.68E-03	6.57E-01
西墙外 30cm 处，CT 暂存间(2-4)	6.53E-01	3.68E-03	6.57E-01
防护门 M2-4 外 30cm 处，CT 暂存间(2-5)	7.09E-01	4.00E-03	7.13E-01
北墙外 30cm 处，麻醉准备间(2-6)	1.27E+00	7.18E-03	1.28E+00
防护门 M2-1 外 30cm 处，走廊(2-7)	6.71E-01	3.78E-03	6.75E-01
北墙外 30cm 处，控制室(2-8)	1.49E+00	8.40E-03	1.50E+00
防护门 M2-2 外 30cm 处，控制室(2-9)	1.43E+00	8.07E-03	1.44E+00
观察窗外 30cm 处，控制室(2-10)	1.10E+00	6.21E-03	1.11E+00
4F 层地面以上 100cm 处，楼顶(2-11)	4.23E-01	4.50E-03	4.27E-01
2F 层地面以上 170cm 处，临检大厅（2-12）	4.61E-01	4.04E-03	4.65E-01

表 11-7-4 CT 手术室关注点处辐射剂量率计算结果

关注点位置（点位编号）	辐射剂量率（μSv/h）		辐射剂量率合计（μSv/h）
	散射线	漏射线	
防护门 M3-4 外 30cm 处，CT 暂存间(3-1)	1.37E+00	7.89E-03	1.38E+00
东墙外 30cm 处，CT 暂存间(3-2)	1.18E+00	6.79E-03	1.19E+00

南墙外 30cm 处，走廊(3-3)	1.55E+00	8.91E-03	1.56E+00
防护门 M3-3 外 30cm 处，走廊(3-4)	1.27E+00	7.31E-03	1.28E+00
西墙外 30cm 处，清洗间(3-5)	1.32E+00	7.59E-03	1.33E+00
防护门 M3-1 外 30cm 处，走廊(3-6)	5.32E-01	3.05E-03	5.35E-01
北墙外 30cm 处，控制室(3-7)	1.55E+00	8.91E-03	1.56E+00
观察窗外 30cm 处，控制室(3-8)	1.49E+00	8.55E-03	1.50E+00
防护门 M3-2 外 30cm 处，控制室(3-9)	1.10E+00	6.32E-03	1.11E+00
4F 层地面以上 100cm 处，楼顶(3-10)	4.23E-01	4.58E-03	4.27E-01
2F 层地面以上 170cm 处，临检大厅(3-11)	4.61E-01	4.11E-03	4.65E-01

由表 11-7-1~表 11-7-4 可知，本项目机房内 DSA、CT 正常运行时，在经机房墙体、防护门等屏蔽防护后，机房边界周围剂量率均能满足不大于 2.5μSv/h 的剂量率控制水平要求，本项目 DSA、CT 机房屏蔽能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）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：

①DSA 机房周围公众、控制室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：

$$H_{Er} = H_r \times T \times t \qquad \text{公式11-4}$$

式中：

H_r—关注点处辐射剂量率，μSv/h；

T—居留因子；

t—年照射时间，h。

②DSA 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》（GBZ128-2019）给出的公式进行估算：

$$E = \alpha H_u + \beta H_o \qquad \text{公式 11-5}$$

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 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），单位为 mSv。

（2）公众及工作人员年有效剂量计算

将有关参数代入公式 11-4、公式 11-5，根据表 11-7-1~表 11-7-4 的计算结果，估算各机房四周公众、控制室辐射工作人员、机房内介入操作人员处的年附加剂量见表 11.8-1~表 11.8-4。

①DSA1 机房周围公众及辐射工作人员年附加剂量分析

表 11-8-1　DSA1 机房四周公众及辐射工作人员的年附加剂量

关注点	射线类型	T（h）	T	辐射剂量率（μSv/h）	年有效剂量（mSv/a）	人员类型
西墙外控制室	散射线+漏射线（透视）	75	1	1.38E-07	1.13E-08	辐射工作人员
	散射线+漏射线（摄影）	3.7	1	2.63E-07		
观察窗外控制室	散射线+漏射线（透视）	75	1	2.56E-05	2.40E-06	辐射工作人员
	散射线+漏射线（摄影）	3.7	1	1.30E-04		
防护门 M1-2 外控制室	散射线+漏射线（透视）	75	1/4	2.39E-05	5.61E-07	辐射工作人员
	散射线+漏射线（摄影）	3.7	1/4	1.21E-04		
东墙外患者走道	散射线+漏射线（透视）	75	1/4	1.48E-07	3.03E-09	公众
	散射线+漏射线（摄影）	3.7	1/4	2.81E-07		
南墙外患者准备间	散射线+漏射线（透视）	75	1/4	2.27E-07	4.65E-09	公众
	散射线+漏射线（摄影）	3.7	1/4	4.32E-07		
防护门 M1-1 外 30cm 处，患者准备间（1-3）	散射线+漏射线（透视）	75	1	3.47E-05	3.25E-06	公众
	散射线+漏射线（摄影）	3.7	1	1.75E-04		
防护门 M1-3 外污物暂存间	散射线+漏射线（透视）	75	1/4	3.08E-05	7.22E-07	公众
	散射线+漏射线（摄影）	3.7	1/4	1.56E-04		
北墙外污物暂存间	散射线+漏射线（透视）	75	1/4	2.27E-07	4.65E-09	公众
	散射线+漏射线（摄影）	3.7	1/4	4.32E-07		
楼上 1F 层 MRI	散射线+漏射线	75	1	9.07E-07	7.73E-08	公众

（1）机房	（透视）					
	散射线+漏射线（摄影）	3.7	1	2.50E-06		
楼下 B1F 层停车位	散射线+漏射线（透视）	75	1/16	6.56E-07	3.42E-09	公众
	散射线+漏射线（摄影）	3.7	1/16	1.52E-06		
第一术者位	铅衣内	75	1	37.09	4.53	辐射工作人员
	铅衣外	75	1	610.78		
第二术者位	铅衣内	75	1	9.27	1.13	辐射工作人员
	铅衣外	75	1	152.69		

注：第一、第二术者位防护为 DSA 设备配套铅悬挂防护屏、床侧防护帘（不低于 0.5mmPb）。

DSA1 工作人员年有效剂量：由表 11-8-1 可知，本项目 DSA1 机房外辐射工作人员的年附加剂量最大约为 2.40E-06mSv；机房内辐射工作人员叠加控制室内年附加剂量后机房内介入操作第一、第二术者操作位医护人员的年附加剂量分别为 4.53mSv、1.13mSv，均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对辐射工作人员受照剂量限值的要求（20mSv）以及本项目的目标管理值（5mSv）要求。

公众年有效剂量：由表 11-8-1 可知，本项目 DSA1 机房周围公众年附加剂量最大为 3.25E-06mSv，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对公众受照剂量限值的要求（1mSv）以及本项目的目标管理值（0.1mSv）要求。

②DSA2 机房周围公众及辐射工作人员年附加剂量分析

表 11-8-2 DSA2 机房四周公众及辐射工作人员的年附加剂量（DSA 模式）

关注点	射线类型	T（h）	T	辐射剂量率（μSv/h）	年有效剂量（mSv/a）	人员类型
北墙外控制室	散射线+漏射线（透视）	75	1	3.47E-05	3.25E-06	辐射工作人员
	散射线+漏射线（摄影）	3.7	1	1.75E-04		
防护门 M2-2 外控制室	散射线+漏射线（透视）	75	1/4	3.33E-05	7.81E-07	辐射工作人员
	散射线+漏射线（摄影）	3.7	1/4	1.68E-04		
观察窗外控制室	散射线+漏射线（透视）	75	1	2.56E-05	2.40E-06	辐射工作人员
	散射线+漏射线（摄影）	3.7	1	1.30E-04		

西墙外 CT 暂存间	散射线+漏射线（透视）	75	1/4	1.52E-05	3.56E-07	辐射工作人员
	散射线+漏射线（摄影）	3.7	1/4	7.69E-05		
防护门 M2-4 外 CT 暂存间	散射线+漏射线（透视）	75	1/4	1.65E-05	3.87E-07	辐射工作人员
	散射线+漏射线（摄影）	3.7	1/4	8.35E-05		
东墙外护士站	散射线+漏射线（透视）	75	1	1.65E-05	1.55E-06	公众
	散射线+漏射线（摄影）	3.7	1	8.35E-05		
南墙外高值耗材库	散射线+漏射线（透视）	75	1/4	3.62E-05	8.47E-07	公众
	散射线+漏射线（摄影）	3.7	1/4	1.83E-04		
防护门 M2-3 外走廊	散射线+漏射线（透视）	75	1/4	1.52E-05	3.56E-07	公众
	散射线+漏射线（摄影）	3.7	1/4	7.69E-05		
北墙外麻醉准备间	散射线+漏射线（透视）	75	1	2.97E-05	2.78E-06	公众
	散射线+漏射线（摄影）	3.7	1	1.50E-04		
防护门 M2-1 外走廊	散射线+漏射线（透视）	75	1/4	1.56E-05	3.66E-07	公众
	散射线+漏射线（摄影）	3.7	1/4	7.90E-05		
4F 层楼顶	散射线+漏射线（透视）	75	1/16	8.89E-07	4.73E-09	公众
	散射线+漏射线（摄影）	3.7	1/16	2.45E-06		
2F 层临检大厅	散射线+漏射线（透视）	75	1	2.34E-06	1.94E-07	公众
	散射线+漏射线（摄影）	3.7	1	5.05E-06		
南侧 46m 综合病房楼*	散射线+漏射线（透视）	75	1	3.62E-05	3.39E-06	公众
	散射线+漏射线（摄影）	3.7	1	1.83E-04		
第一术者位	铅衣内	75	1	37.09	4.53	辐射工作人员
	铅衣外	75	1	610.78		
第二术者位	铅衣内	75	1	9.27	1.13	辐射工作人员
	铅衣外	75	1	152.69		

注：（1）*：此处辐射剂量率保守取所在方位机房屏蔽体外 30cm 处辐射剂量率最大值；（2）第一、第二术者位防护为 DSA 设备配套铅悬挂防护屏、床侧防护帘（不低于 0.5mmPb）。

表 11-8-3 DSA2 机房四周公众及辐射工作人员的年附加剂量（CT 模式）

关注点	T（h）	T	辐射剂量率（μSv/h）	年有效剂量（mSv/a）	人员类型
北墙外控制室	5	1	1.50E+00	7.49E-03	辐射工作人员
防护门 M2-2 外控制室	5	1/4	1.44E+00	1.80E-03	辐射工作人员
观察窗外控制室	5	1	1.11E+00	5.53E-03	辐射工作人员
西墙外 CT 暂存间	5	1/4	6.57E-01	8.21E-04	辐射工作人员
防护门 M2-4 外 CT 暂存间	5	1/4	7.13E-01	8.92E-04	辐射工作人员
东墙外护士站	5	1	7.14E-01	3.57E-03	公众
南墙外高值耗材库	5	1/4	1.56E+00	1.95E-03	公众
防护门 M2-3 外走廊	5	1/4	6.57E-01	8.21E-04	公众
北墙外麻醉准备间	5	1	1.28E+00	6.40E-03	公众
防护门 M2-1 外走廊	5	1/4	6.75E-01	8.44E-04	公众
4F 层楼顶	5	1/16	4.27E-01	1.34E-04	公众
2F 层临检大厅	5	1	4.65E-01	2.33E-03	公众
南侧 46m 综合病房楼*	5	1	1.56E+00	1.95E-03	公众

注：*：此处辐射剂量率保守取所在方位机房屏蔽体外 30cm 处辐射剂量率最大值

DSA2 工作人员年有效剂量：由表 11-8-2、表 11-8-3 可知，本项目 DSA2 机房外辐射工作人员的年附加剂量最大约为 3.25E-06mSv（DSA 模式）、7.49E-03mSv（CT 模式），DSA 模式和 CT 模式叠加后年附加剂量约为 7.49E-03mSv；机房内辐射工作人员年附加剂量叠加 DSA2 控制室内年附加剂量（DSA 模式+CT 模式）后机房内介入操作第一、第二术者操作位医护人员的年附加剂量分别约为 4.54mSv、1.14mSv，均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对辐射工作人员受照剂量限值的要求（20mSv）以及本项目的目标管理值（5mSv）要求。

公众年有效剂量：由表 11-8-2、表 11-8-3 可知，本项目 DSA2 机房周围公众年附加剂量最大为 6.40E-03mSv，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对公众受照剂量限值的要求（1mSv）以及本项目的目标管理值（0.1mSv）要求。

③CT 手术室周围公众及辐射工作人员年附加剂量分析

表 11-8-4　CT 手术室四周公众及辐射工作人员的年附加剂量

关注点	T（h）	T	辐射剂量率（μSv/h）	年有效剂量（mSv/a）	人员类型
北墙外控制室	10	1	1.56E+00	1.56E-02	辐射工作人员
观察窗外控制室	10	1	1.50E+00	1.50E-02	辐射工作人员
防护门 M3-2 外控制室	10	1/4	1.11E+00	2.77E-03	辐射工作人员
防护门 M3-4 外 CT 暂存间	10	1/4	1.38E+00	3.46E-03	辐射工作人员
东墙外 CT 暂存间	10	1/4	1.19E+00	2.97E-03	辐射工作人员
南墙外走廊	10	1/4	1.56E+00	3.90E-03	公众
防护门 M3-3 外走廊	10	1/4	1.28E+00	3.20E-03	公众
西墙外清洗间	10	1/4	1.33E+00	3.33E-03	公众
防护门 M3-1 外走廊	10	1/4	5.35E-01	1.34E-03	公众
4F 层楼顶	10	1/16	4.27E-01	2.67E-04	公众
2F 层临检大厅	10	1	4.65E-01	4.65E-03	公众
南侧 46m 综合病房楼*	10	1	1.56E+00	1.56E-02	公众

注：*：此处辐射剂量率保守取所在方位机房屏蔽体外 30cm 处辐射剂量率最大值

CT 手术室辐射工作人员年有效剂量：由表 11-8-4 可知，CT 控制室辐射工作人员的年附加剂量最大约为 1.56E-02mSv，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对辐射工作人员受照剂量限值的要求（20mSv）以及本项目的目标管理值（5mSv）要求。

公众年有效剂量：由表 11-8-4 可知，本项目 CT 手术室周围公众年附加剂量最大为 1.56E-02mSv，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对公众受照剂量限值的要求（1mSv）以及本项目的目标管理值（0.1mSv）要求。

（3）DSA 机房及 CT 手术室叠加影响分析

本项目考虑到机房布局和屏蔽情况，需考虑 DSA1、DSA2、CT 同时工作时对职业工作人员和公众的附加剂量叠加影响。

①对辐射工作人员叠加影响分析

5mSv 。

②对公众叠加影响分析

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，在日常检测中发现个人剂量异常的，应当对

有关人员采取保护措施，并在接到监测报告之日起五日内报告发证的生态环境、卫生部门调查处理。介入手术工作人员均按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）穿戴防护用品（铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套等），并充分利用自带的铅悬挂防护屏及床侧防护帘等做好自身防护，确保其年有效剂量满足标准限值要求。

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

本项目为使用 DSA 装置，在介入过程中无放射性废液、放射性废气以及放射性固体废弃物产生。

1、废水

工作人员产生的生活污水将进入医院污水处理系统，处理达标后排入市政污水管网，对周围环境影响较小。

2、废气

DSA 机房设计有通风系统，依托门急诊医技楼通风系统将 DSA 机房废气排放至外环境，能满足机房的通风换气要求；臭氧在常温下约 50min 可自行分解为氧气，对环境影响较小。

3、固体废物

手术过程中产生的棉签、纱布、手套、器具、介入导丝、废造影剂、废造影剂瓶等医疗废物暂存在机房内的废物桶，手术结束后交医院医疗废物贮存点集中收集，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。

在采取以上相关固体废物污染措施后，本项目 DSA 产生的固体废物能得到合理处理，不会产生二次污染，不会对周边环境产生影响。

事故影响分析

1、辐射事故分析

本项目 DSA 和 CT 只有在开机曝光时才能产生 X 射线，因此，主要存在以下事故情况：

（1）DSA 和 CT 操作人员违反放射操作规程或误操作，造成意外照射；

（2）操作时其他无关人员滞留 DSA 机房内，受到照射；

（3）DSA 发生控制系统或安全保护系统故障，使得患者或工作人员受到超剂量照射；

（4）在射线装置出束时人员误入机房受到照射；

（5）设备调试和维修过程中责任者脱岗或操作失误导致的人员误照射事故。

依照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》的规定，根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级。本项目 DSA 射线装置运行期间的最大可信事故为射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射，属于一般辐射事故。

2、辐射事故处置方法

根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》及《江苏省辐射污染防治条例》的规定，可能发生的事故是指射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。在发生事故后：

（1）工作人员或操作人员应第一时间关停射线装置的高压电源，停止射线装置的出束，然后启动应急预案；

（2）立即向单位领导汇报，并控制现场区域，防止无关人员进入；

（3）估算人员受照剂量，视情况安排受照人员接受医学检查或救治；

（4）事故发生后，积极配合生态环境主管部门做好事故调查和善后处理工作；

（5）对发生事故的射线装置，请有关供货单位或相关检测部门进行检测或维修，分析事故发生的原因，并提出改进意见；

（6）定期对机房防护门的防护效果、机械性能等进行检查，防止因防护门损坏造成射线泄漏。

3、辐射事故预防措施

（1）辐射工作场所按要求设置相应的辐射安全与防护设施，定期检查各辐射工作场所和设备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；

（2）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；

（3）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。

医院应制订《辐射事故应急方案》，成立辐射安全管理领导小组，并明确管理小组各成员的职责。医院应加强管理并严格要求辐射工作人员按照操作规程开展工作，在实际工作中不断对辐射安全管理制度进行完善，加强职工辐射防护知识的培训，定期检查 DSA 及各项安全防护装置的性能，尽可能避免辐射事故的发生。发生辐射事故时，应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要防范措施，在 1 小时内向所在地生态环境部门和公安部门报告，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》；造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生健康行政主管部门报告。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

本项目 DSA 属于II类射线装置，根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》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。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的要求，应对直接从事生产、销售、使用活动的操作人员以及辐射防护负责人进行辐射安全培训，并进行考核，考核不合格的，不得上岗。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》（生态环境部公告 2019 年第 57 号）的要求，从事辐射活动的人员应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专业知识及相关法律法规并通过考核。

江苏省脑科医院拟成立放射防护安全领导机构，由其负责医院的辐射安全管理工作；医院拟安排辐射安全管理人员及II类射线装置辐射工作人员参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台培训学习，DSA 项目辐射工作人员参加“医用 X 射线诊断与介入放射学”培训考核，辐射安全管理人员参加“辐射安全管理”培训考核，考核合格方可上岗；III射线装置辐射工作人员均拟通过自主培训考核。

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的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急措施。

医院拟根据本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。根据法律法规要求，本报告对各项规章制度制定要点提出如下建议：

1、岗位职责：明确本项目运行后管理人员、操作人员、维修人员的岗位责任，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，层层落实。

2、辐射安全管理机构配置：应强调辐射安全与环境保护管理领导小组负责全院

的辐射安全与环境保护管理工作，影像科等核技术应用部门应根据科室实际工作情况，完善本科室管理制度，加强内部的辐射安全管理情况日常监督和检查，将责任落实到个人。

3、操作规程：应明确操作人员的权限以及操作时必须采取的防护措施，明确工作中的控制措施以及操作程序等，按要求佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪。

4、设备检修维护制度：应明确设施、设备、监测仪器等定期维护保养内容，定期检查辐射安全装置及检测仪器，确保辐射监测仪器（个人剂量报警仪、环境辐射剂量巡测仪）、报警装置及急停按钮、联动装置、电离辐射警告标志、工作状态指示灯等安全措施保持良好工作状态，并做好维修维护记录。

5、台账和使用登记制度：针对本项目 DSA 应建立台账和使用登记制度，由专人负责登记 DSA 的使用情况、定期核对，确保使用情况与登记相符。

6、辐射环境监测方案：针对本项目具体情况，编写环境监测方案，明确应委托有资质单位进行放射性工作场所监测频次和监测项目，监测结果定期上报生态环境部门；该制度还应明确医院自行对放射性工作场所监测频次和监测项目，并对监测结果、监测项目等进行记录。

7、人员培训计划：完善人员培训计划，明确培训对象（辐射负责人、辐射工作人员均应参加培训）、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，严禁无证人员上岗。

8、职业健康监护及个人剂量档案：明确对辐射工作人员定期进行个人剂量监测（1 次/3 个月），建立辐射工作人员个人剂量监测档案；明确对辐射工作人员定期进行职业健康体检（1 次/2 年）同时对辐射工作人员进行职业健康体检并定期复检，建立辐射工作人员职业健康监护档案。

9、辐射防护和安全保卫制度：单位辐射安全与防护管理领导小组应安排保卫科等科室负责单位核技术利用项目的日常安全防护和保卫工作；各辐射工作场所应按照国家有关规定设置完善的措施；相关射线装置开关钥匙应由专人负责保管，防止非专业操作人员误操作造成误照；安排定期巡视和措施检查工作。

辐射监测

1、环境监测方案

江苏省脑科医院拟制定如下辐射监测方案，辐射监测计划见下表。

表 12-1 工作场所监测计划表

监测项目		监测频次	监测点位	结果评价
X-γ辐射剂量率	竣工验收监测	1 次	DSA 室四侧墙体外、防护门外、门缝隙处、控制台处、观察窗、管线洞口、楼上、楼下；评价范围内保护目标处。	周围剂量当量率不超过 2.5μSv/h。
	场所年度监测，委托有资质的单位进行	1 次/年		
	定期自行开展辐射监测	每 3 个月 1 次		
个人剂量监测	委托有资质的单位进行	每 3 个月 1 次	铅衣内 铅衣外	年剂量不超过 5mSv

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

（2）辐射工作人员开展个人剂量监测（每 3 个月 1 次），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）如出现外照射事故，将立即采取应急措施，并在 1 小时之内向当地生态环境局报告。

医院拟在工作中不断完善监测计划的频次及监测内容。同时，医院拟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。

2、监测仪器情况

医院拟为本项目配备 1 台辐射巡测仪、5 台个人剂量报警仪（每个 DSA 项目 2 台，CT 手术室 1 台），用于辐射防护监测和报警，所有辐射工作人员均拟配备个人剂量计，工作时随身佩戴。

辐射事故应急

为有效预防、及时控制和消除辐射事故所致的危害，加强医院射线装置安全监测和控制等管理工作，保障辐射工作人员、受检者以及周围人员的健康安全，避免环境辐射污染，医院拟制定《辐射事故应急预案》。按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（原环境保护部令第 18 号）等相关规定，辐射事故应急预案应明确以下几个方面：

（1）可能发生的辐射事故及危害程度分析

（2）明确应急组织指挥体系和职责分工

（3）应急人员培训和应急物资准备

（4）辐射事故应急响应措施

（5）辐射事故报告和处理程序

（6）明确所在地同级生态环境、公安、卫生健康部门联系方式

（7）辐射事故应急措施合理

（8）应急方案应报所在地生态环境部门

在后续工作中，医院应根据法律法规要求结合实际情况对应急预案进行修订完善，严格落实该应急预案，定时组织相关人员参加辐射事故应急演练。

表 13 结论与建议

结论

一、项目概况

为更好地为患者提供放射诊疗服务，江苏省脑科医院拟在建成的门急诊医技楼 GF 层新建 1 间 DSA1 机房及辅助用房，在 3F 层新建 1 间复合手术室（DSA2 机房）、1 间 CT 手术室及辅助用房。医院拟在 DSA1 机房和复合手术室内各新增 1 台 DSA（型号待定，最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA），用于开展放射诊断及介入治疗；复合手术和 CT 手术室共用 1 台滑轨 CT（型号待定，最大管电压 140kV，最大管电流 700mA），用于影像诊断。本项目 2 台 DSA 均属于《关于发布〈射线装置分类〉的公告》（公告 2017 年 第 66 号）中的II类射线装置；滑轨 CT 为III类射线装置。

二、实践正当性评价

本项目的投入使用能更好地满足患者的就诊需求，并可提高当地医疗水平，具有良好的社会效益和经济效益，在做好辐射防护措施和管理的基础上，其所带来的效益远大于可能对环境造成的影响，因此，该项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“实践的正当性”原则。

三、项目选址及布局合理性评价

江苏省脑科医院位于南京市江宁区淳化街道老 104 国道以南、严家边路以西，医院东侧为严家边路，南侧为空地，西侧为规划道路，北侧为老 104 国道。

本项目 2 间 DSA 机房、1 间 CT 手术室分别位于门急诊医技楼 GF 层、3F 层，门急诊医技楼东侧为发热门诊楼、院内道路，南侧为综合病房楼、精神科病房楼，西侧为培训管理楼，北侧为院内道路。

本项目 DSA 机房、CT 手术室各方向 50m 范围内为院内建筑、道路等，无学校、居民区等环境敏感目标；本项目评价范围内不涉及国家级生态保护红线与生态空间管控区域及“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，项目选址合理。

本项目两台 DSA 分别设有单独机房，机房与控制室和其他辅助用房分开布置，机房满足拟使用设备的布局要求。有用线束不直接照射门、窗、管线口和工作人员操

作位。DSA 机房、CT 手术室有效使用面积、最小单边长度满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求，项目布局合理。

医院拟将 DSA1、DSA2 机房、CT 手术室作为控制区，在控制区的进出口及适当位置处设置醒目的电离辐射警告标志和工作状态指示灯，制定放射安全防护管理制度，严格限制无关人员进出控制区，在正常工作过程中，不得有无关人员进入；拟将与 DSA1 机房相邻的控制室、设备间、医生准备间、患者准备间、麻醉准备间、污物暂存间，与 DSA2 机房相邻的控制室、麻醉准备间、CT 暂存间，与 CT 手术室相邻的控制室等区域作为监督区，拟在监督区的所有入口处设立标明监督区的标牌，限制无关人员进入，并经常对职业照射条件进行监督和评价。项目两区划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的分区要求。

四、辐射环境现状评价

本项目拟建址周围环境原野γ辐射空气吸收剂量率为（61.7～68.0）nGy/h（测量结果已扣除宇宙射线响应值），均位于江苏省原野环境天然γ辐射水平参考范围内，属江苏省天然γ辐射正常水平。

五、辐射环境影响分析评价

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管理目标限值要求（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）。

六、“三废”的治理评价

工作人员产生的生活污水，由医院统一处理达标后排放至城市生活污水管网；DSA 工作过程中使空气电离产生的少量臭氧、氮氧化物等有害气体，通过动力排风装置排出，臭氧在常温下约 50min 可自行分解为氧气，对环境影响较小；医疗废物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交由城市环卫部门处理，对周围环境影响较小。

七、辐射安全措施评价

本项目各机房入口处拟设置“当心电离辐射”警告标志和中文警示说明；机房拟设计门灯联动装置和对讲及观察装置；DSA 机房内外均拟设计有急停按钮，CT 控制室

操作台上拟设置 1 个急停按钮。同时拟为 DSA 辐射工作人员配备铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜和介入防护手套等防护用品，病人配置铅围裙（或方巾）、铅橡胶颈套，所有辐射工作人员均按要求佩戴个人剂量计。在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全措施能够满足辐射安全要求。

八、辐射防护措施评价

本项目各机房屏蔽体的等效铅当量满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）表 3 要求。通过理论估算，本项目各机房四周及楼上、楼下辐射剂量率均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的要求。

九、辐射安全管理评价

江苏省脑科医院拟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，并以医院内部文件形式明确其管理职责。医院拟根据本项目制定相应的辐射安全管理制度。本项目拟配备的 DSA 辐射工作人员在上岗前拟参加并通过辐射安全与防护知识的培训，III射线装置辐射工作人员均拟通过自主考核；拟对辐射工作人员进行职业健康监护和个人剂量监测，并建立职业健康档案和个人剂量档案。

十、辐射防护监测仪器评价

医院拟为本项目配备 1 台辐射巡测仪、5 台个人剂量报警仪（每个 DSA 项目 2 台，CT 手术室 1 台），用于辐射防护监测和报警；拟为本项目辐射工作人员配置个人剂量计，在工作时随身携带，符合要求。

综上所述，本项目新建 2 台 DSA 应用项目选址及布局合理，拟采取的辐射安全与防护措施适当，在落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后，该项目的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，辐射工作人员应严格遵守操作规程等辐射安全制度，如有证书到期人员拟及时通过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。

2、保证各项安全措施及辐射防护设施正常运行，严格按照国家有关规定及要求进行操作，确保项目运行安全可靠。

3、定期对辐射工作场所进行检查和监测，及时发现并排除事故隐患。

4、取得本项目环评批复、项目建成后应及时申领辐射安全许可证，并按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的规定，在 3 个月内完成竣工环境保护验收工作。

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：医院拟成立辐射安全领导小组，明确辐射安全防护负责人，拟指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以文件形式明确管理人员职责。	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：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，医院拟制定操作规程、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、监测方案等规章制度，并配备完善的辐射事故应急措施。	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： DSA1 机房四面墙体采用 240mm 实心砖+30mm 硫酸钡涂料，屋顶为 150mm 混凝土+2.0mm 铅板，地面为 150mm 混凝土+30mm 硫酸钡涂料，防护门内衬 3.0mm 铅板，观察窗为 3.0mm 铅当量铅玻璃；DSA2 机房四面墙体采用 3.0mm 铅板+160mm 厚蜂窝夹芯复合板，屋顶为 150mm 混凝土+2.0mm 铅板，地面为 150mm 混凝土+30mm 硫酸钡涂料，防护门内衬 3.0mm 铅板，观察窗为 3.0mm 铅当量铅玻璃；CT 手术室四面墙体采用 3.0mm 铅板+160mm 厚蜂窝夹芯复合板，屋顶为 150mm 混凝土+2.0mm 铅板，地面为 150mm 混凝土+30mm 硫酸钡涂料，防护门内衬 3.0mm 铅板，观察窗为 3.0mm 铅当量铅玻璃。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。	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。	175
	防护用品：拟为 DSA 项目辐射工作人员配备铅橡胶围裙、铅橡胶围脖、铅防护眼镜及介入防护手套等，同时设置铅悬挂防护屏、床侧防护帘等。	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	（1）工作状态指示灯：患者通道防护门上方拟设置工作状态指示灯，并安装“射线有害、灯亮勿入”可视警示语句的灯箱，且工作状态指示灯与相应防护门能有效联动，在防护门关闭的情况下，工作状态指示灯才亮。 （2）防夹和闭门装置：机房电动推拉门设防夹装置，平开门设自动闭门装置。 （3）电离辐射警告标志：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。 （4）DSA 控制室操作台上拟设置 1 个急停	采取的辐射安全措施满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）相关辐射安全管理的要求。	10

项目	“三同时”措施	预期效果	预计投资（万元）
	按钮，机房内的治疗床边操作面板自带 1 个急停按钮；CT 控制室操作台上拟设置 1 个急停按钮。 （5）DSA、CT 控制室墙上拟设置观察窗，控制室拟设置对讲装置。		
	监测仪器：医院拟为本项目配备 1 台辐射巡测仪、5 台个人剂量报警仪（每个 DSA 项目 2 台，CT 手术室 1 台），用于辐射防护监测和报警，所有辐射工作人员均拟配备个人剂量计，工作时随身佩戴。	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。	2.5
人员配备	医院拟为 DSA 配备 10 名辐射工作人员，拟为 CT 手术室配备 1 名影像学技师，1 名影像学医师。DSA 项目辐射工作人员拟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，考核（类别为医用 X 射线诊断与介入放射学类）合格后方可上岗；同时如有辐射培训证书到期人员拟及时通过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；III射线装置辐射工作人员均拟通过自主考核。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核的管理要求。	2.5
	辐射工作人员在上岗前佩戴个人剂量计，并定期送检（1 次/3 个月），加强个人剂量监测，建立个人剂量档案。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中辐射工作人员必须开展个人剂量监测的管理要求。	
	辐射工作人员定期（不少于 2 年 1 次）进行职业健康体检，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许可管理办法》中辐射工作人员必须开展职业健康体检的管理要求。	
废气治理措施	DSA 机房设计有独立通风系统，工作时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。	10
总计	/	/	200

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

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