核技术利用建设项目

东南大学附属中大医院江北院区
搬迁 1 台 DSA 项目环境影响报告表

东南大学附属中大医院

2022 年 10 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

东南大学附属中大医院江北院区
搬迁 1 台 DSA 项目环境影响报告表

建设单位名称：东南大学附属中大医院

建设单位法人代表（签名或盖章）：

通讯地址：南京市大厂街道健民路 211 号

邮政编码：210044　　联系人：王**

电子邮箱：2512234933@qq.com　　联系电话：158****1612

目 录

表 1 项目基本情况 ..... - 1 -
表 2 放射源 ..... - 5 -
表 3 非密封放射性物质 ..... - 5 -
表 4 射线装置 ..... - 6 -
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物） ..... - 7 -
表 6 评价依据 ..... - 8 -
表 7 保护目标与评价标准 ..... - 11 -
表 8 环境质量和辐射现状 ..... - 17 -
表 9 项目工程分析与源项 ..... - 22 -
表 10 辐射安全与防护 ..... - 29 -
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 ..... - 56 -
表 14 审批 ..... - 61 -
附图 1 东南大学附属中大医院江北院区搬迁 1 台 DSA 项目地理位置示意图 ..... - 62 -
附图 2 东南大学附属中大医院江北院区平面布置及周围环境示意图 ..... - 63 -
附图 3 东南大学附属中大医院江北院区医疗综合楼三楼辅助手术室改造前平面布置及周围环境示意图 ..... - 64 -
附图 4 东南大学附属中大医院江北院区医疗综合楼三楼改造 DSA 机房平面布置及周围环境示意图 ..... - 65 -
附图 5 东南大学附属中大医院江北院区医疗综合楼三楼平面布置示意图 ..... - 66 -
附图 6 东南大学附属中大医院江北院区医疗综合楼二楼平面布置示意图 ..... - 67 -
附图 7 东南大学附属中大医院江北院区医疗综合楼四楼平面布置示意图 ..... - 68 -
附图 8 东南大学附属中大医院江北院区搬迁 1 台 DSA 项目剖面布局示意图 ..... - 69 -
附图 9 本项目与江苏省生态空间保护区域位置关系示意图 ..... - 70 -
附件 1 项目委托书 ..... - 71 -
附件 2 射线装置使用承诺书 ..... - 72 -

附件 3 辐射安全许可证复印件 ..... - 73 -
附件 4 原有核技术利用项目基本情况一览表 ..... - 79 -
附件 5 辐射环境本底监测报告 ..... - 84 -
附件 6 辐射安全管理机构、管理制度文件 ..... - 93 -
附件 7 辐射工作人员培训证书 ..... - 110 -
附件 8 一般项目环评批复 ..... - 112 -
附件 9 本次搬迁设备原有环评批复及验收意见 ..... - 115 -

表 1　项目基本情况

<table>
<tr><td colspan="2">建设项目名称</td><td colspan="8">东南大学附属中大医院江北院区搬迁 1 台 DSA 项目</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设单位</td><td colspan="8">东南大学附属中大医院
（统一社会信用代码：12100000466007706B）</td></tr>
<tr><td colspan="2">法人代表</td><td>藤皋军</td><td>联系人</td><td>王**</td><td>联系电话</td><td colspan="3">158****1612</td></tr>
<tr><td colspan="2">注册地址</td><td colspan="8">江苏省南京市鼓楼区丁家桥 87 号</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目建设地点</td><td colspan="8">南京市六合区大厂街道健民路 211 号医院医疗综合楼三楼 DSA 室</td></tr>
<tr><td colspan="2">立项审批部门</td><td colspan="3">/</td><td>批准文号</td><td colspan="3">/</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设项目总投资（万元）</td><td>100</td><td colspan="2">项目环保总投资（万元）</td><td>10</td><td>投资比例（环保投资/总投资）</td><td colspan="2">10%</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目性质</td><td colspan="5">☐新建 ☐改建 ☐扩建 ☑其他</td><td>占地面积（m^2）</td><td colspan="2">/</td></tr>
<tr><td rowspan="8">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

东南大学附属中大医院（以下简称“医院”，统一社会信用代码：12100000466007706B）注册地址位于南京市鼓楼区丁家桥 87 号，医院始建于 1935 年，其前身为中央大学医学院附设医院。经过 90 年的发展，现已成为集医疗、教学、科研为一体的大型综合性教学医院，是江苏省唯一教育部直属“985”、“211”工程重点建设的大学附属医院，也是江苏省首批通过卫生部评审的综合性三级甲等医院。

2015 年 8 月，位于江北新区的原南京市大厂医院与东南大学附属中大医院正式合并，更名为东南大学附属中大医院江北院区，中大医院江北院区和本部是一院两区的关系。

东南大学附属中大医院为了适应医院发展要求，服务患者，拟将江北院区（以下报告中所涉及建筑为江北院区内建筑）医疗综合楼三楼辅助手术室改造为 DSA 室，并将位于后勤综合楼一楼介入导管室的 1 台数字减影血管造影机（Digital Subtraction Angiography，以下简称“DSA”，型号为 Artis one，最大管电压为 125kV，最大管电流为 1250mA）搬迁至改造的 DSA 室。后勤综合楼、医疗综合楼均为原“南京市大厂医院易地新建项目”建设内容,该项目环境影响报告书已于 2011 年 1 月 10 日取得(原)南京市六合区环境保护局的批复文件，文号为：六环审[2011]大环（表）002 号，详见附件 8。

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，该项目需进行环境影响评价工作。受东南大学附属中大医院的委托，南京瑞森辐射技术有限公司承担了该单位搬迁 1 台 DSA 项目的环境影响评价工作。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 1 月 1 日起实施），本项目属于“172 核技术利用建设项目”中的“使用Ⅱ类射线装置的”项目，确定为编制环境影响报告表。我公司在资料调研、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。东南大学附属中大医院江北院区搬迁 1 台 DSA 项目情况见下表：

表 1-1 东南大学附属中大医院江北院区搬迁 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	使用情况	环评情况及审批时间	备注
1	DSA（Artis one）	1	125	1250	Ⅱ类	江北院区医疗综合楼三楼 DSA 室	未使用	本次环评	搬迁

二、项目选址情况

东南大学附属中大医院江北院区位于南京市六合区健民路 211 号，医院东侧为大厂·永利体育场及旭东路，南侧为南京市江北新区文化体育发展中心，西侧为鑫乐生活

广场，北侧为邮电大楼及健民路。医院拟将江北院区内医疗综合楼三楼辅助手术室改造为 DSA 机房，并将原位于后勤综合楼一楼介入导管室的 1 台 DSA 搬迁至改造的 DSA 机房。医疗综合楼东侧为院内道路及停车位，东南侧为病房楼，南侧为院内道路及停车位，西侧为院内道路及后勤综合楼，北侧为院内道路及门诊楼。本项目地理位置示意见附图 1，东南大学附属中大医院江北院区平面布置和周围环境示意图见附图 2。

医疗综合楼三楼辅助手术室改造前，辅助手术室东侧为库房，东南侧为强电间、弱电间，南侧为走廊，西侧为预处理室，西北侧为清洁走廊，北侧为走廊；改造为 DSA 室后，DSA 室东侧为手术等换间，东南侧为强电间、弱电间，南侧为缓冲区、控制室，西侧为设备间，西北侧为污物通道，北侧为走廊，楼下为走廊、办公室、更衣室，楼上为楼顶花园。辅助手术室改造前平面布置及周围环境示意图见附图 3，改造为 DSA 室后平面布置及周围环境见附图 4，医疗综合楼三楼平面布置示意图见附图 5。

本项目 DSA 机房周围 50m 评价范围均在医院范围内，评价范围内无学校、居民区等环境敏感目标。项目运行后的环境保护目标主要是本项目辐射工作人员、评价范围内其他医务人员、病患和周围其他公众等。

三、原有核技术利用项目许可情况

东南大学附属中大医院现持有江苏省生态环境厅颁发的辐射安全许可证，证书编号：苏环辐证[00088]，许可种类和范围为“使用Ⅴ类放射源；使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级、丙级非密封放射性物质工作场所”，有效期至：2027 年 2 月 4 日。医院辐射安全许可证正本见附件 3。

医院原有核技术利用项目均已履行环保手续，详见附件 4。

四、产业政策相符性分析

本项目搬迁 1 台 DSA，对照《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2021 年修改）《江苏省工业和信息产业结构调整指导目录（2012 年本）》（2013 年修订），均不属于“限制类”或“淘汰类”项目，符合国家和江苏省现行的产业政策。

五、实践正当性分析

本项目的运行，可为病人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。

六、“三线一单”相符性分析

本项目评价范围内不涉及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区。对照《江苏省国家级生态保护红线规划》（苏政发〔2018〕74 号）、《江苏省生态空间管控区域规划》（苏政发〔2020〕1 号），本项目拟建址评价范围内不涉及江苏省国家级生态保护红线、江苏省生态空间管控区域；根据现场监测和环境影响预测，项目建设满足环境质量底线要求，不会造成区域环境质量下降；本项目对资源消耗极少，不涉及违背生态环境准入清单的问题；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。本项目与江苏省生态空间保护区域位置关系图见附图 9。

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 one	125	1250	医用诊断/介入治疗	江北院区医疗综合楼三楼 DSA 室	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

（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	通过动力通风装置排入外环境，臭氧常温下约 50 分钟后可自然分解为氧气。
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	/	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》（2014年修订版），2015年1月1日起实施； （2）《中华人民共和国环境影响评价法》（修正版），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；2019年修改，国务院令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）《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； （10）《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，生态环境部公告2019年第57号，2020年1月1日起施行； （11）《江苏省辐射污染防治条例》（2018年修正本），2018年5月1日起实施； （12）《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，生态环境部公告2019年第39号，2019年10月25日发布； （13）《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部部令第9号，2019年11月1日起施行； （14）《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；

	（15）《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； （16）《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； （17）《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》，江苏省生态环境厅，苏环办（2021）187号，2021年5月31日印发。
技术标准	（1）《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016）； （2）《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）； （3）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）； （4）《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）； （5）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）； （6）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）； （7）《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB 8999-2021）； （8）《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）。
其他	**附图：** （1）东南大学附属中大医院江北院区搬迁1台DSA项目地理位置示意图； （2）东南大学附属中大医院江北院区平面布置及周围环境示意图； （3）东南大学附属中大医院江北院区医疗综合楼三楼辅助手术室改造前平面布置及周围环境示意图； （4）东南大学附属中大医院江北院区医疗综合楼三楼改造DSA机房平面布置及周围环境示意图 （5）东南大学附属中大医院江北院区医疗综合楼三楼平面布置示意图； （6）东南大学附属中大医院江北院区医疗综合楼二楼平面布置示意图； （7）东南大学附属中大医院江北院区医疗综合楼四楼平面布置示意图； （8）东南大学附属中大医院江北院区搬迁1台DSA项目（东北-西南方向）剖面布局示意图； （9）本项目与江苏省生态空间保护区域位置关系示意图。

	附件： （1）项目委托书； （2）射线装置使用承诺书； （3）辐射安全许可证正本复印件； （4）原有核技术利用项目基本情况一览表； （5）辐射环境现状监测报告； （6）辐射安全管理机构、管理制度文件； （7）辐射工作人员培训合格证书； （8）一般项目环评批复。

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（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围）”的要求，以及本项目的特点，本项目的评价范围确定为东南大学附属中大医院江北院区医疗综合楼三楼 DSA 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 DSA 机房周围 50m 评价范围均在医院范围内，评价范围内无学校、居民区等环境敏感目标。项目运行后的环境保护目标主要是本项目辐射工作人员、评价范围内医疗综合楼、门诊楼、后勤综合楼及院内道路的其他医务人员、病患、患者家属和周围其他公众等。详见表 7-1。

表 7-1 本项目保护目标一览表

编号	保护目标类型	周边点位描述	方位	距离	人口规模
1	辐射工作人员	医疗综合楼三楼 DSA 室	/	/	4 人
2	公众	强电间、弱电间、护士办公室、医生办公室等区域工作人员	东南侧	0~50m	约 10 人
3		走廊、护士长办公室等区域工作人员	西南侧	0~50m	约 5 人
4		污物通道、走廊等区域工作人员、其他公众	西北侧	0~50m	约 5 人
5		走廊等区域工作人员、其他公众	东北侧	0~50m	约 10 人
6		楼顶花园、过道等区域公众	DSA 机房上方	0~50m	约 10 人
7		走廊、办公室、更衣室等区域公众	DSA 机房下方	0~50m	约 20 人
8		院内道路上公众	项目周围	0~50m	流动人员
9		门诊楼内公众	北侧	25~50m	约 35 人
10		后勤综合楼内公众	西侧	40~50m	约 15 人

本项目评价范围内不涉及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区。对照《江苏省国家级生态保护红线规划》（苏政发〔2018〕74号）、《江苏省生态空间管控区域规划》（苏政发〔2020〕1号），本项目拟建址评价范围内不涉及江苏省国家级生态保护红线、江苏省生态空间管控区域；根据现场监测和环境影响预测，项目建设满足环境质量底线要求，不会造成区域环境质量下降；本项目对资源消耗极少，不涉及违背生态环境准入清单的问题；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

1、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）：

工作人员职业照射和公众照射剂量限值

对象	要求
职业照射剂量限值	应对任何工作人员的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，20mSv； ②任何一年中的有效剂量，50mSv； ③眼晶体的年当量剂量，150mSv； ④四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv。
公众照射剂量限值	实践使公众中有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值： ①年有效剂量，lmSv； ②特殊情况下，如果5个连续年的年平均剂量不超过lmSv，则某一单一年的有效剂量可提高到5mSv； ③眼晶体的年当量剂量，15mSv； ④皮肤的年当量剂量，50mSv。

辐射工作场所的分区

应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

控制区：

注册者和许可证持有者应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

监督区：

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

评价。

2、《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。

6.1.4 移动式 X 射线机（不含床旁摄影机和急救车配备设备）在使用时，机房应满足相应布局要求。

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

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

b 单管头、双管头或多管头 X 射线设备的每个球管各安装在一个房间内。

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。

6.4.10 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。

6.5.2 车载式诊断 X 射线设备机房个人防护用品和辅助防护设施配置要求按照其安装的设备类型参照表 4 执行。

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

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

6.5.5 个人防护用品不使用时，应妥善存放，不应折叠放置，以防止断裂。

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。

7.8.5 移动式 C 形臂 X 射线设备垂直方向透视时，球管应位于病人身体下方；水平方向透视时，工作人员可位于影像增强器一侧，同时注意避免有用线束直接照射。

3、《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）；

4.1 建筑施工过程中场界环境噪声不得超过表 1 规定的排放限值。

表 1 建筑施工场界环境噪声排放限值 单位：dB（A）

昼间	夜间
70	55

4、项目管理目标限值

综合考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）、《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）确定本项目的管理目标，本项目剂量约束值为：职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv；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。

5、参考资料：

（1）《辐射防护导论》，方杰主编。

（2）《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 5 江苏省原野、道路、建筑物室内γ辐射（空气吸收）剂量率（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
均值±3s	29.4~71.4	10.2~84.0	47.2~131.2

注：1、根据《江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究》，表 5 数据不含宇宙射线电离成分；

2、评价时采用“均值±3s”作为辐射环境本底参考范围。

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

东南大学附属中大医院江北院区位于南京市六合区健民路 211 号，医院东侧为大厂·永利体育场及旭东路，南侧为南京市江北新区文化体育发展中心，西侧为鑫乐生活广场，北侧为邮电大楼及健民路。医院拟将江北院区内医疗综合楼三楼辅助手术室改造为 DSA 机房，并将原位于后勤综合楼一楼介入导管室的 1 台 DSA 搬迁至改造的 DSA 机房。医疗综合楼东侧为院内道路及停车位，东南侧为病房楼，南侧为院内道路及停车位，西侧为院内道路及后勤综合楼，北侧为院内道路及门诊楼。

医疗综合楼三楼辅助手术室改造前，辅助手术室东侧为库房，东南侧为强电间、弱电间，南侧为走廊，西侧为预处理室，西北侧为清洁走廊，北侧为走廊；改造为 DSA 室后，DSA 室东侧为手术等换间，东南侧为强电间、弱电间，南侧为缓冲区、控制室，西侧为设备间，西北侧为污物通道，北侧为走廊，楼下为走廊、办公室、更衣室，楼上为楼顶花园。

本项目 DSA 机房周围 50m 评价范围均在医院范围内，评价范围内无学校、居民区等环境敏感目标。项目运行后的环境保护目标主要是本项目辐射工作人员、评价范围内其他医务人员、病患和周围其他公众等。

对照《江苏省国家级生态保护红线规划》（苏政发〔2018〕74 号）、《江苏省生态空间管控区域规划》（苏政发〔2020〕1 号），本项目拟建址评价范围内不涉及江苏省国家级生态保护红线、江苏省生态空间管控区域。根据《江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案》（苏政发〔2020〕49 号），本项目拟建址评价范围内不涉及江苏省内优先保护单元。本项目与江苏省生态空间保护区域位置关系图见附图 9。本项目拟建址现状及周围环境见图 8-1~图 8-7。



图 8-1 医疗综合楼三楼 DSA 室拟建址现状（辅助手术室）



图 8-2 医疗综合楼三楼 DSA 室拟建址南侧（弱电间）



图 8-3 医疗综合楼三楼 DSA 室拟建址西南侧（走廊）



图 8-4 医疗综合楼三楼 DSA 室拟建址西北侧（污物通道）



图 8-5 医疗综合楼三楼 DSA 室拟建址北侧（走廊）



图 8-6 医疗综合楼三楼 DSA 室拟建址楼上（楼顶花园）



图 8-7 医疗综合楼三楼 DSA 室拟建址楼下（走廊）

二、辐射环境现状调查

根据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）相关方法和要求，在进行环境现场调查时，于医疗综合楼三楼 DSA 室拟建址周围进行布点，测量辐射现状剂量率，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（公司检测资质见附件 5）

检测仪器：6150 AD 6/H+6150AD-b/H 型 X-γ辐射监测仪（设备编号：NJRS-126，检定有效期：2021 年 11 月 11 日～2022 年 11 月 10 日，检定单位：江苏省计量科学研究院，检定证书编号：Y2021-0106289）

能量响应：20keV～7MeV

测量范围：1nSv/h～99.9μSv/h

监测日期：2022 年 7 月 27 日

监测因子：γ辐射剂量率

天气：多云

温度：（27～32）℃

湿度：（64～78）%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计量认证（证书编号：221020340350，检测资质见附件 5），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。一般保持仪器探头中心距离地面（基础面）为 1m。仪器读数稳定后，每个点位读取 10 个数据，读取间隔不小于 10s。每组数据计算每个点位的平均值并计算标准差。空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021），使用 ^{137}Cs 作为检定/校准参考辐射源时，换算系数取 1.20Sv/Gy。

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

评价方法：参照江苏省环境天然γ辐射剂量率调查结果，评价项目周围的辐射环境质量。

表 8-1 医疗综合楼三楼 DSA 室拟建址及其周围环境γ辐射剂量率

测点编号	测点描述	测量结果（nGy/h）
1	搬迁 1 台 DSA 项目拟建址东北部（前室）	54
2	搬迁 1 台 DSA 项目拟建址中部（辅助手术室）	50
3	搬迁 1 台 DSA 项目拟建址西南部（辅助手术室）	51
4	搬迁 1 台 DSA 项目拟建址东侧（库房）	56
5	搬迁 1 台 DSA 项目拟建址东南侧（强电间）	55
6	搬迁 1 台 DSA 项目拟建址东南侧（弱电间）	55
7	搬迁 1 台 DSA 项目拟建址西南侧（辅助手术室）	52
8	搬迁 1 台 DSA 项目拟建址西侧（预处理室）	47
9	搬迁 1 台 DSA 项目拟建址西南侧（清洁走廊）	50
10	搬迁 1 台 DSA 项目拟建址东北侧（走廊）	56
11	搬迁 1 台 DSA 项目拟建址楼上（楼顶花园）	82
12	搬迁 1 台 DSA 项目拟建址楼下（走廊）	77

注：测量结果已扣宇宙射线响应值。

由表 8-1 监测结果可知，东南大学附属中大医院江北院区医疗综合楼三楼 DSA 室拟建址及其周围环境γ辐射剂量率在 47nGy/h～82nGy/h 之间，处于江苏省环境天然γ辐射剂量本底水平。

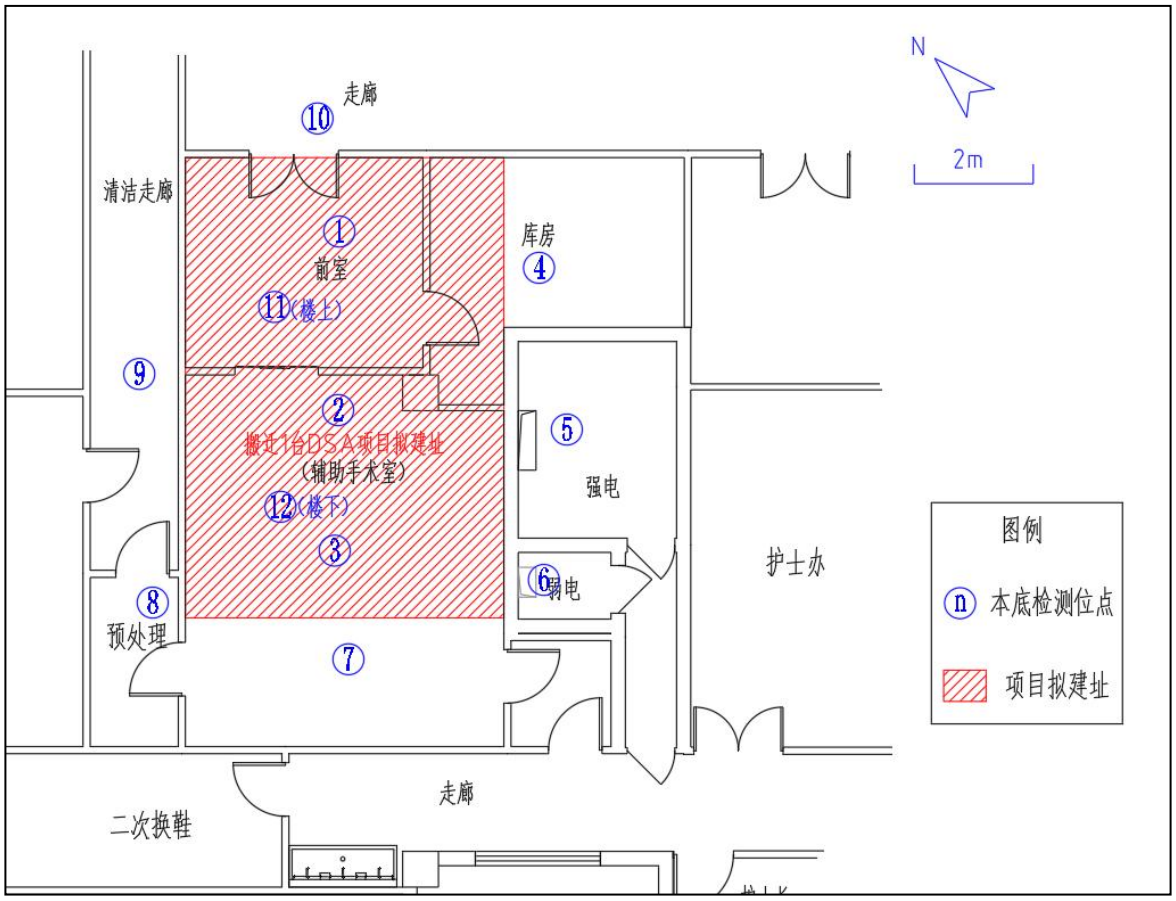

图 8-8 医疗综合楼三楼 DSA 室拟建址及其周围环境γ辐射剂量率监测点位示意图

表 9　项目工程分析与源项

工程设备与工艺分析

一、工程设备

东南大学附属中大医院拟将江北院区内医疗综合楼三楼辅助手术室改造为 1 座 DSA 机房及其配套用房，并将原位于后勤综合楼一楼介入导管室的 1 台 DSA（型号为 Artis one，最大管电压为 125kV，最大管电流为 1250mA）搬迁至改造的 DSA 室，用于开展医疗诊断和介入治疗。

DSA 因其整体结构像大写的“C”，因此也称作 C 型臂 X 光机，DSA 由 X 线发生装置，包括 X 线球管及其附件、高压发生器、X 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、输出系统等部件组成。



图 9-1 Artist one 型 DSA 外观示意图

本项目 DSA 外观示意图见图 9-1，DSA 主要设备技术参数见表 9-1。

表 9-1 本项目 DSA 设备主要技术参数

指　标	技 术 参 数
型　号	Artist one
使用场所	医疗综合楼三楼 DSA 室
球管类型	单管头
额定管电压	125kV
额定管电流	1250mA
X 射线球管固有滤过	2.5mmAl
X 射线球管附加滤过	0.5mmCu
主射线方向	向上
焦皮距	≥45cm
照射野	最大：30cm×30cm 最小：12cm×12cm

配套设备：

本项目 DSA 配套设备配置情况见表 9-2。

表 9-2 项目每台 DSA 配套设备一览表

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

二、工作原理及工作流程

1、工作原理

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

DSA 是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。

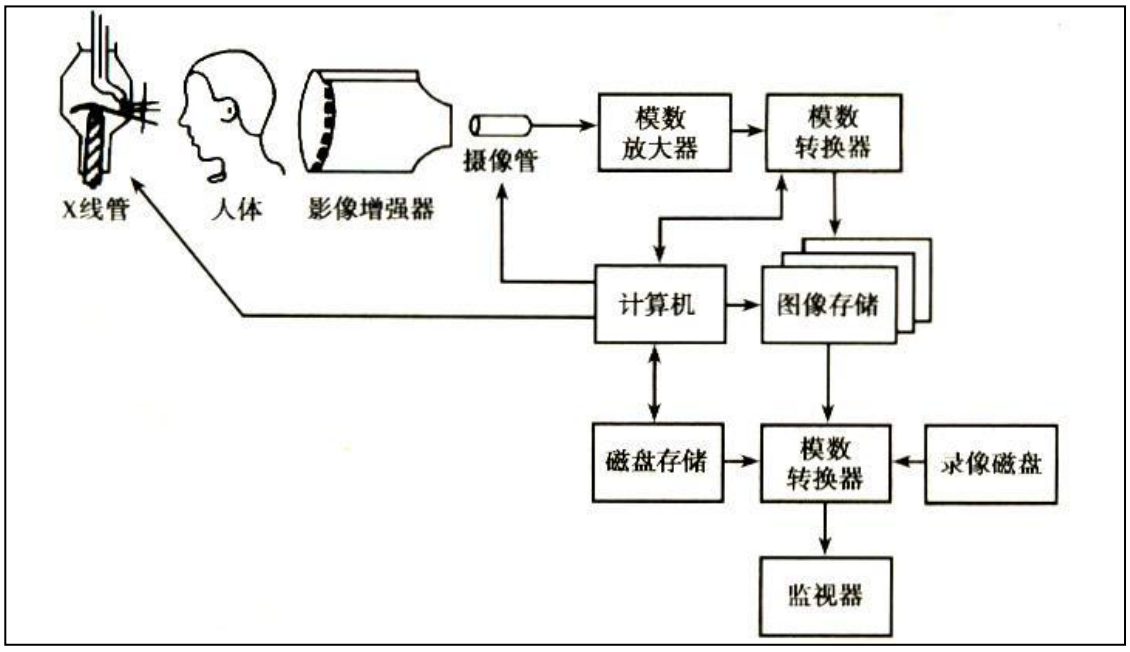

图 9-2 DSA 系统结构图

2、工作流程及产污环节分析

患者在进行 DSA 诊断和在 DSA 引导下进行介入治疗时，先仰卧进行无菌消毒，局部麻醉后，经皮穿刺动脉，送入引导钢丝及扩张血管与外鞘，退出钢丝及扩张管将外鞘保留于静脉内，经鞘插入导管，推送导管，在 X 线透视下将导管送达静脉，顺序取血测定静、动脉，并留 X 线片记录，探查结束，撤出导管，穿刺部位止血包扎。

本项目医疗综合楼三楼 DSA 在进行曝光时分为两种情况：

第一种情况：血管减影检查。操作人员采取隔室操作的方式（即操作医师在操作台对病人进行曝光），医生通过铅玻璃观察窗和操作台观察机房内病人情况，并通过对讲

系统与病人交流。

第二种情况：引导介入治疗。病人需要进行介入手术治疗时，为更清楚的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。

本项目采用先进的数字显影技术，电脑成像，不使用显（定）影液，不产生废显影液、废定影液和废胶片。注入的造影剂不含放射性。设备运行过程中产生的污染物主要为 X 射线、少量臭氧和氮氧化物以及手术过程中产生的医疗废物。

本项目医疗综合楼三楼 DSA 工作流程及产污环节如下图 9-3：

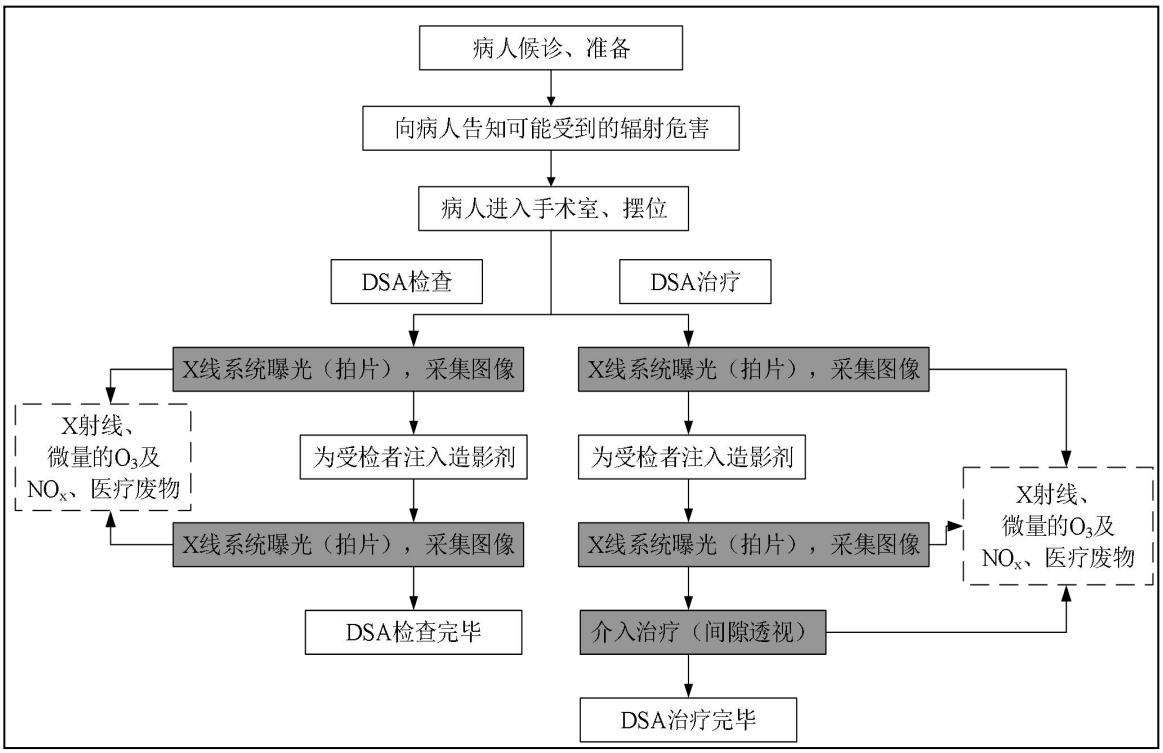

图 9-3 医疗综合楼三楼 DSA 工作流程及产污环节示意图

污染源项描述

1、放射性污染

DSA 在工作状态下会发出X射线，本项目配置的 DSA 最大管电压为 125kV，最大管电流为 1250mA，其主要用作血管造影检查及配合介入治疗。由于在荧光影像与视频影像之间有影像增强器，从而降低了造影所需的 X 射线能量，再加上一次血管造影检查需要时间很短，因此血管造影检查的辐射影响较小。而介入治疗需要长时间的透视和大量的摄片，对病人和医务人员有一定的附加辐射剂量。

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

（1）有用线束

本项目医疗综合楼三楼 DSA 室拟配置的 DSA 有用线束方向朝上。有用线束的射线能量、强度与 X 射线管靶物质、管电压、管电流有关。DSA 具有自动照射量控制调节功能（AEC），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。根据医院提供资料，当 DSA 运行管电压为额定电压的极端情况时，透视模式下的电流不大于 20mA，拍片模式下的电流不大于 500mA；DSA 正常运行时，透视模式的工况为（60～80）kV/（5～20）mA，拍片模式的工况为（60～80）kV/（100～500）mA。

DSA 运行时离靶 1 米处的 X 射线发射率根据运行时管电压和 DSA 的 X 射线管的过滤条件从《辐射防护导论》（方杰著）附图 3 中查取。本项目 DSA 过滤板为 2.5mmAl，查《辐射防护导论》附图 3，额定电压为 125kV 时，离靶 1 米处的发射率约为 10mGy·m^2/mA·min；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 5mGy·m^2/mA·min。

（2）泄漏射线

根据国际放射防护委员会第 33 号出版物《医用外照射源的辐射防护》“（77）用于诊断目的的每一个 X 射线管必须封闭在管套内，以使得位于该套管内的 X 射线管在制造厂规定的每个额定值时，离焦点 1m 处所测得的泄漏辐射在空气中的比释动能不超过 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 第一部分：安全通用要求 三、并列标准 诊断 X 射线设备辐射防护通用要求》（GB 9706.12-1997）中 29.204.3 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 1.0 mGy/h。

（3）散射线

本项目 DSA 的散射线主要考虑有用线束照射到受检者人体产生的侧向散射线，其强度与有用线束的 X 射线能量、X 射线机的输出量、散射面积和距离等有关。

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

与搬迁前 DSA 工作量相比无明显变化。

表 9-3 单台 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	50 台	约 15min	约 12.5h
神经介入	50 台	约 20min	约 16.7h
综合介入	80 台	约 20min	约 26.7h
小计	/	/	约 55.9h

（2）拍片

手术类别	年开展 工作量	单次采集 时间	单台手术 采集次数	单台手术最 大采集时间	年采集时间
心脏介入	50 台	2～5s	6～10 次	约 0.8min	约 0.7h
神经介入	50 台	4～10s	7～11 次	约 1.8min	约 1.5h
综合介入	80 台	2～7s	3～10 次	约 1.2min	约 1.6h
小计	/	/	/	/	约 3.8h
总　计					约 59.7h

本项目搬迁 1 台 DSA，医院拟为本项目配置 4 名辐射工作人员（2 名医师、1 名技师、1 名护师），均为从已有辐射工作人员中调配，与搬迁前相比增加 1 名医师。调配辐射工作人员均已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，并取得培训合格证书（见附件 7）。项目开展后，机房内同时操作的手术医护人员预计最多 3 人，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 55.9h，技师在操作台进行隔室操作设备，包括透视及拍片，其年接触射线时间不超过 59.7h。辐射工作人员年工作 250 天。

2、非放射性污染

①废气：DSA 在工作状态时，会使机房内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，少量臭氧和氮氧化物可通过动力通风装置排至室外，臭氧在空气中短时间可自动分解为氧气，这部分废气对周围环境影响较小。

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

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

表 10　辐射安全与防护

项目安全措施

一、工作场所布局合理性

（一）工作场所布局合理性

东南大学附属中大医院拟将江北院区后勤综合楼一楼介入导管室的 1 台 DSA 搬迁至医疗综合楼三楼由辅助手术室改造的 DSA 室，DSA 型号为 Artis one，最大管电压为 125kV，最大管电流为 1250mA，用于血管造影检查及介入手术治疗。DSA 配套独立用房，控制室与射线装置机房分开单独布置，区域划分明确，项目布局合理。

（二）两区划分

1、分区原则

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）要求，将本项目辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

控制区—把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

监督区—通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域。

2、控制区与监督区的划分

本次环评根据控制区和监督区的定义，结合项目辐射防护和环境情况特点进行辐射防护分区划分。医院拟将 DSA 机房划分为控制区，该区域涉及射线装置使用区域，属《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）定义的控制区，进行了专门的屏蔽防护设计；其余房间如：控制室及配电间等属《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）定义的监督区。

本项目控制区和监督区划分情况见表 10-1，并在图 10-1 上进行了标识。

表 10-1 项目控制区和监督区划分情况

场所名称	控制区	监督区
医疗综合楼三楼 DSA 室	DSA 机房	控制室、设备间、缓冲区

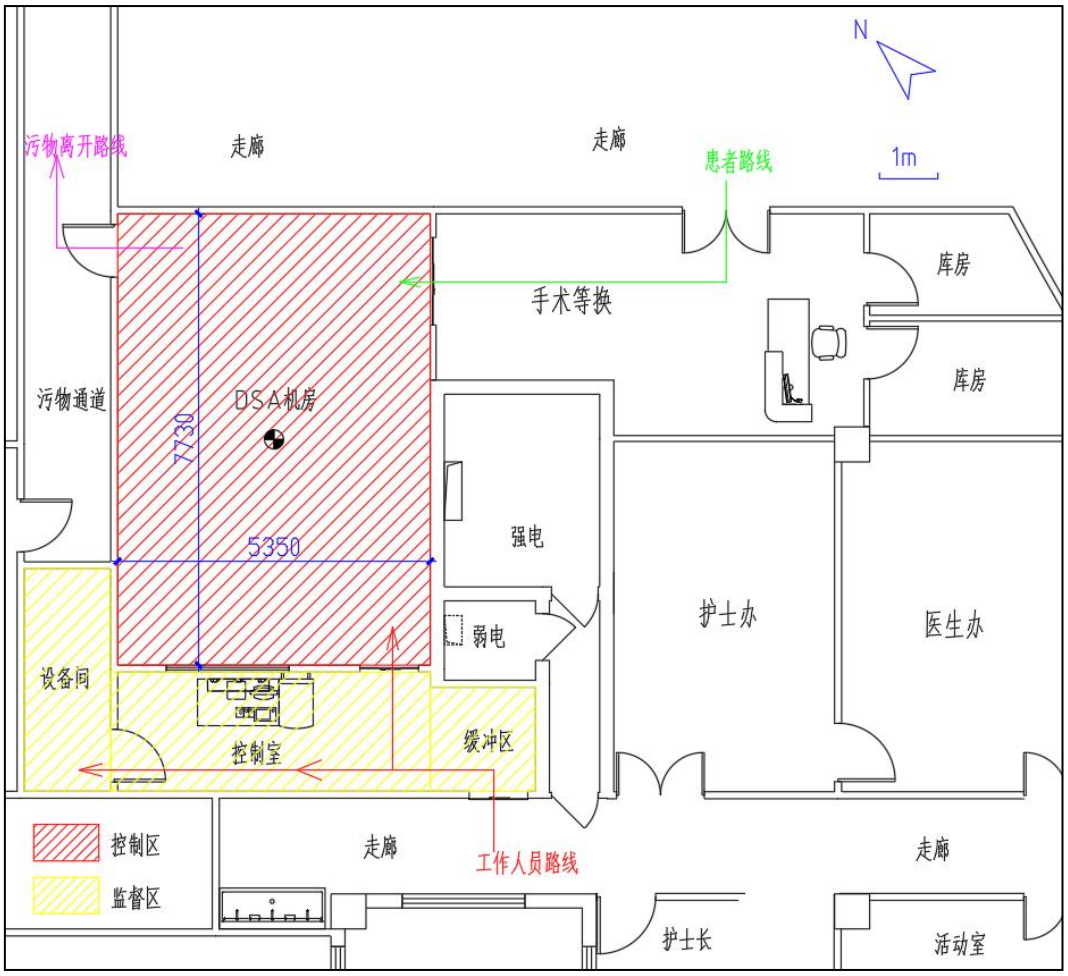

图 10-1 医疗综合楼三楼 DSA 室工作场所辐射防护分区管理示意图

本项目将 DSA 所在机房作为辐射防护控制区，与机房相邻的控制室、设备间等划为监督区。患者通过手术等换间一侧的防护门进出机房，辐射工作人员从控制室一侧防护门进出机房，手术结束后，医疗废物从污物通道一侧的防护门离开机房。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。

1）控制区的防护手段与安全措施：

①控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志（如图 10-2）；



图 10-2 当心电离辐射警告标志

②制定辐射防护与安全管理措施，包括适用于控制区的规则和程序；

③运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可制度）和实体屏障（包括门锁）限制进出控制区；

④定期审查控制区的实际状况，以确保是否有必要改变该区的防护手段、安全措施或该区的边界。

2）监督区防护手段与安全措施

①以黄线警示监督区的边界；

②在监督区的入口处的适当地点设立表明监督区的标牌；

③定期检查该区的条件，以确定是否需要采取防护措施和做出安全规定，或是否需要更改监督区的边界。

二、辐射防护屏蔽设计

东南大学附属中大医院江北院区住院楼三楼 DSA 机房辐射屏蔽防护设计见表 10-2。

表 10-2 本项目 DSA 机房屏蔽设计一览表

机房	屏蔽体	屏蔽材料及厚度
医疗综合楼三楼 DSA 室	四侧墙体	复合电解钢板内挂 3mm 铅板
	屋顶	120mm 混凝土楼板+3mm 铅当量防辐射板
	地面	120mm 混凝土楼板+30mm 硫酸钡水泥
	防护门	内附 3mm 铅板
	观察窗	3mm 铅当量铅玻璃

注：混凝土密度为 2.35g/cm^3，铅密度为 11.3g/cm^3，防辐射板密度为 2.0g/cm^3，硫酸钡水泥密度为 4.7g/cm^3。

三、辐射安全措施

（1）电离辐射警告标志

DSA 机房入口处均拟设置有“当心电离辐射”警告标志和中文警示说明。

（2）门灯联动

DSA 机房病人入口防护门上方均拟设置工作状态指示灯，灯箱上设置“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门能有效联动，机房门关闭的情况下，工作状态指示灯才亮。机房门均拟设置闭门装置，防护大门拟设防夹安全

措施。

（3）急停按钮

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

（4）观察窗或摄像监控装置

DSA 机房与控制室之间设置有观察窗，可有效观察到患者和受检者状态及防护门开闭情况。操作台上设置视频监控及双向对讲装置。

（5）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。DSA 配备有床侧防护铅帘及悬吊式铅屏风，铅当量均不低于 0.5mm 铅当量。

（6）人员监护

医院拟为本项目配备 4 名辐射工作人员，应为辐射工作人员配备个人剂量计，定期送检且需做好个人剂量档案管理工作。根据本次搬迁 DSA 原有的验收意见（详见附件 9）可知，该医院已开展辐射工作人员的职业健康监护，定期安排其在有相应资质医院体检，建立个人剂量档案。

（7）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。

（8）其他辐射安全措施

介入治疗需要长时间的透视和大量的摄片，对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，降低病人剂量的措施可以同时降低工作人员的辐射剂量，应加强对介入人员的培训，包括放射防护的培训，参与介入的人员应该技术熟练、动作迅速，以减少病人和介入人员的剂量。

3）所有在介入治疗手术室内的工作人员都应开展个人剂量监测，医院应结合工作人员个人剂量监测的数据采取措施，控制和减少工作人员的受照剂量。

4）引入的 DSA 及配套设备必须符合国际的或者国家的标准，满足各种特殊操作的要求，其性能必须与操作性质相符合；设备应该常规调节到满足低剂量的有效范围内，并尽可能提高图像质量。

5）介入人员应该结合 DSA 设备的特点，了解一些降低剂量的方法，比如脉冲透视、优化滤线器、除滤线栅、图像处理、低剂量透视等方法。

6）加强 DSA 设备的质量保证工作，设备的球管与发生器、透视和数字成像的性能以及其它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衣、机器自带的铅吊帘等防护设备被动防护。一般来说，床下球管机对医务人员的辐射剂量，由头、颈、胸至腹部呈现剂量逐渐上升的趋势，故操作人员除个人防护用品（铅衣、铅围脖、铅帽及铅眼镜等）外，应着重考虑 X 射线机操作侧的屏蔽，该屏蔽要做到既不影响操作者的操作，又能达到防护目的，且能消毒。本项目 DSA 设备自带床侧竖屏、床下吊帘及床上防护屏，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。

东南大学附属中大医院江北院区已配备辐射巡测仪 2 台，本项目搬迁前已配备 1 台个人剂量报警仪，搬迁后医院拟为本项目从其他退役项目调配备个人剂量报警仪 1 台。医院已为辐射工作人员配备铅衣（不低于 0.5mm 铅当量）、铅围脖、铅帽、介入防护手套（不低于 0.025mm 铅当量）及铅眼镜等个人防护用品，辐射工作人员工作时佩带个人剂量计，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 10-3 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》（GBZ 130-2020）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	8 件铅橡胶围裙、8 件铅橡胶围脖、8 顶铅橡胶帽子、5 副铅防护眼镜、5 副介入防护手套
		辅助防护设施	铅悬挂防护屏/铅防护吊帘、床侧防护帘/床侧防护屏 选配：移动铅防护屏风	铅悬挂防护屏、床侧防护帘
	受检者	个人防护用品	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套 选配：铅橡胶帽子	2 件铅橡胶围脖、2 顶铅橡胶帽子、2 件铅方巾
		辅助防护设施	/	/

三废治理

（1）工作人员和部分病人产生的生活污水和生活垃圾，由院内污水处理站和垃圾处理站统一处理。

（2）DSA 机房空气在 X 射线作用下分解产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，通过动力通风装置排入大气，臭氧常温下可自行分解为氧气，对周围环境影响较小。

（3）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收集，作为医疗废物委托有资质单位进行处置。

表 11　环境影响分析

建设阶段对环境的影响

东南大学附属中大医院搬迁 1 台 DSA 项目拟建址位于江北院区医疗综合楼三楼 DSA 室，建设时主要工作为墙体隔断、拆除与内饰装潢，将产生施工噪声、扬尘和建筑垃圾污染，建设施工时对环境会产生如下影响：

1、大气：本项目在建设施工期需进行的墙体隔断、拆除等作业，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。

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

3、固体废物：项目施工期间，会产生一定量以建筑垃圾为主的固体废弃物，委托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。

4、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后，回收用于施工场地洒水降尘。

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

1、DSA 机房屏蔽设计

（1）评价标准

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）表 3 规定，C 形臂 X 射线设备机房主束方向、非有用线束方向屏蔽体的铅当量均应不小于 2.0mm 铅当量。

（2）本项目 DSA 机房各屏蔽部位的铅当量厚度核算

由表 10-2，本项目 DSA 机房使用的屏蔽材料除铅以外，还涉及混凝土、硫酸钡水泥、铅玻璃。本项目按额定管电压 125kV 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。

按照 GBZ 130-2020 中 C.1.2 b）给出的计算公式进行计算：

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

式中：X—不同屏蔽物质的铅当量厚度；

α、β、γ—相应屏蔽物质（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：

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

式中：B—给定铅厚度的屏蔽透射因子；

α、β、γ—铅对对相应管电压 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 和 NCRP147 报告 TABLE A.1 查取 125kV、80kV 管电压工况下主束 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数，列于表 11-1：

表 11-1 125kV、80kV 管电压工况下主束 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 11-1、公式 11-2 计算其屏蔽透射因子 B、铅当量厚度，计算结果列于表 11-2。

表 11-2 混凝土屏蔽透射因子 B、铅当量厚度计算结果

管电压	屏蔽材料	屏蔽透射因子 B	铅当量厚度 X（mm
125kV	120mm 混凝土	3.21×10^{-3}	1.4
	180mm 混凝土	3.78×10^{-4}	2.3
80kV	120mm 混凝土	2.27×10^{-4}	1.4
	180mm 混凝土	1.34×10^{-5}	2.1

注：机房地面 30mm 硫酸钡水泥保守按照等密度换算为 60mm 混凝土，机房地面为 120mm+60mm=180mm 混凝土。

（3）DSA 机房的屏蔽防护铅当量厚度与标准要求的相符性

根据前述各屏蔽材料的等效铅当量厚度核算情况，可对本项目 DSA 机房屏蔽体等效铅当量进行汇总，结果见下表：

表 11-3 东南大学附属中大医院江北院区搬迁 1 台 DSA 项目机房辐射防护设计一览表

屏蔽体	设计厚度	等效铅当量		屏蔽要求	评价
		额定管电压（125kV）	常用最大工况（80kV）		
四侧墙体	复合电解钢板内挂 3mm 铅板	3mm	3mm	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
防护门	3mm 铅板	3mm	3mm		
观察窗	3mm 铅当量铅玻璃	3mm	3mm		
顶面[3]	120mm 混凝土+3mm 铅当量防辐射板	4.4mm	4.4mm		
地面[2]	120mm 混凝土 +30mm 硫酸钡水泥	2.3mm	2.1mm		
机房面积	5.35m×7.73m=41.36m^2，单边最短长度 5.35m			单管头 X 射线设备机房内最小有效使用面积 20m^2，机房内最小单边长度 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，东南大学附属中大医院江北院区搬迁 1 台 DSA 项目机房屏蔽体的等效铅当量在额定最大管电压 125kV 和常用最大工况 80kV 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，机房屏蔽设计合理。

2、DSA 机房的辐射影响预测

为了进一步评价辐射防护效果，采用理论预测的方法进行影响分析。医疗综合楼三楼 DSA 室预测点选取如下：

1#-机房东侧防护大门外 30cm 处，手术等换室；

2#-机房东南侧屏蔽墙外 30cm 处，强电间；

3#-机房东南侧屏蔽墙外 30cm 处，弱电间；

4#-机房南侧防护门外 30cm 处，控制室；

5#-机房南侧屏蔽墙外 30cm 处，控制室；

6#-机房观察窗外 30cm 处，操作位；

7#-机房西南侧屏蔽墙外 30cm 处，设备间；

8#-机房西侧屏蔽墙外 30cm 处，污物通道；

9#-机房西北侧防护门外 30cm 处，污物通道；

10#-机房北侧屏蔽墙外 30cm 处，走廊；

11#-机房楼上地面 100cm 处，楼顶花园；

12#-机房楼下地面 170cm 处，走廊。

在医疗综合楼三楼 DSA 机房周围共布设 12 个预测点，预测点布设见图 11-1 所示。

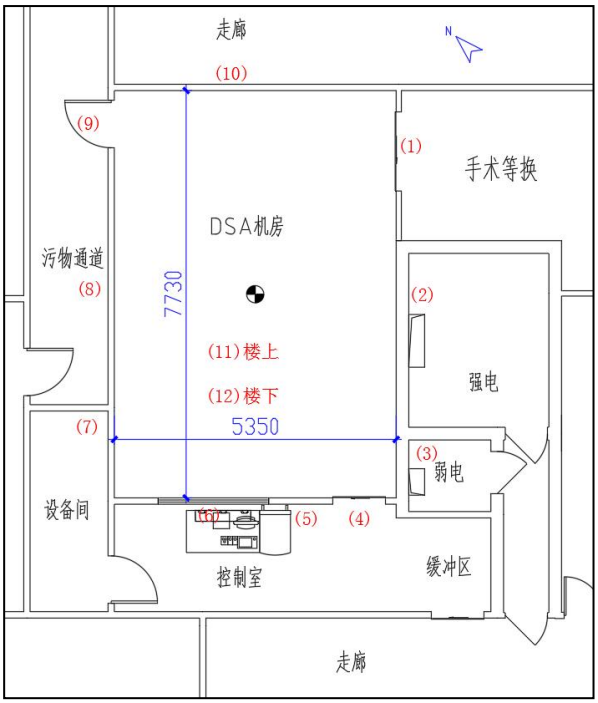

图 11-1 医疗综合楼三楼 DSA 机房周围预测点布设平面示意图

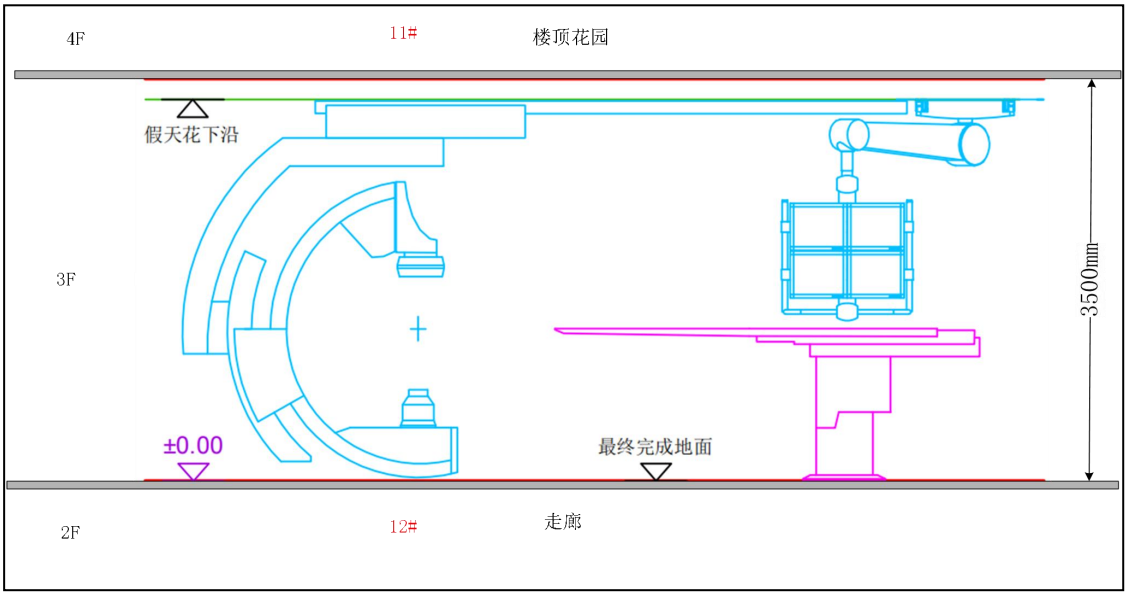

图 11-2 医疗综合楼三楼 DSA 机房周围预测点布设剖面示意图

表 11-4 本项目 DSA 的辐射影响情况

操作模式	正常运行时最大工况	辐射影响对象
拍片模式	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 10.8）进行推导，得到有用线束在关注点处的辐射剂量率 H 的计算公式（推导中，将原公式中的使用因子、居留因子均取为 1）：

$$H = \frac{H_0 \cdot I \cdot B}{d^2} \bullet K \qquad \text{公式 11-3}$$

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），$mGy \cdot m^2 \cdot mA^{-1} \cdot min^{-1}$；具体数值可根据 X 射线机管电压、过滤片等条件从《辐射防护导论》附图 3 查取，按本项目正常使用的最大管电压为 80kV、过滤片为 2.5mmAl 的条件从《辐射防护导论》附图 3 查得 H_0 为 $5mGy \cdot m^2 \cdot mA^{-1} \cdot min^{-1}$，即 $300000\mu Gy \cdot m^2 \cdot mA^{-1} \cdot h^{-1}$；

I—管电流，mA；本项目透视、拍片模式下正常使用的最大管电流分取 20mA、500mA；

d—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《用于光子外照射防护的剂量转换系数》（GBZ/T 144-2002）表 B2，对于本项目 DSA 运行时常用最大管电压 80kV，*K* 值取 1.67。

B—屏蔽材料对散射线的透射因子，无量纲，计算公式见公式 11-2：

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

式中：*X*—铅厚度，本项目预测计算从保守角度考虑，不将 DSA 影像增强器的屏蔽作用计算在内，只考虑 DSA 机房的屏蔽作用，本项目 DSA 机房屏蔽体的铅厚度见表 11-3；

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 常用最大管电压约为 80kV，根据《辐射防护手册（第一分册）》P448 的能量散射公式计算一次散射能量与初级射线能量的比值，公式如下：

$$\frac{E}{E_0}=\frac{1}{1+\frac{E_0}{0.511}(1-\cos\theta)}=\frac{1}{1+\frac{E_0}{0.511}(1-0)}=\frac{0.511}{0.511+E_0}$$

80kV 射线经过一次散射后的射线能量约为 69.2kV，故本项目散射线保守按 70kV 进行计算。从 NCRP147 报告 TABLE A.1 中查取铅和混凝土对 80kV 管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数α、β、γ值，具体见表 11-5。

表 11-5 铅对 80kV 管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数

将 DSA 机房屏蔽体的铅厚度 *X*（表 11-3）、有关的拟合参数*α*、*β*、*γ*值（表 11-5）代入公式 11-2，计算相应的屏蔽透射因子值，列于表 11-6。

表 11-6 DSA 机房主射线方向屏蔽体透射因子计算结果

参考点位置	屏蔽材料及厚度	等效铅当量	屏蔽因子
11#-机房楼上地面 100cm 处，楼顶花园	120mm 混凝土+3mm 铅当量防辐射板	4.4	5.04×10^{-9}

将前述有关参数代入公式 11-3，计算透视、拍片模式下 DSA 机房上方公众处有用线束辐射空气比释动能率，计算结果见表 11-7。

表 11-7 关注点处有用线束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）	B	d（m）	H（μSv/h）
11#-机房楼上地面100cm 处，楼顶花园	透视	300000	20	5.04×10^{-9}	4.12	0.003
	拍片	300000	500	5.04×10^{-9}		0.074

（2）非有用辐射剂量率预测计算

①散射线

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、居留因子均取为 1）：

$$H_s = \frac{H_0 \cdot I \cdot a \cdot (s/400) \cdot B_s}{d_0^2 \cdot d_s^2} \bullet K \qquad \text{公式 11-4}$$

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 1 m 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 $300000\mu Gy \cdot m^2 \cdot mA^{-1} \cdot h^{-1}$；

I—管电流，mA；本项目透视、拍片模式下正常使用的最大管电流分取 20mA、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周墙外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 0° 的数据，表中所列散射角中以 30° 最接近 0°，故从该表中散射角为 0°、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 16×16=256cm^2；

d_0—源至受照点的距离，根据设备参数确定，本项目取 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，本项目受照体至关注点的距离列于表 11-8：

表 11-8 受照体至关注点的距离

关注点位置		受照体至关注点的距离 d_s（m）
医疗综合楼三楼 DSA 机房周围	1#-机房东侧防护大门外 30cm 处，手术等换室	4.10
	2#-机房东南侧屏蔽墙外 30cm 处，强电间	3.20
	3#-机房东南侧屏蔽墙外 30cm 处，弱电间	4.32
	4#-机房南侧防护门外 30cm 处，控制室	4.63
	5#-机房南侧屏蔽墙外 30cm 处，控制室	4.38
	6#-机房观察窗外 30cm 处，操作位	4.28
	7#-机房西南侧屏蔽墙外 30cm 处，设备间	3.87
	8#-机房西侧屏蔽墙外 30cm 处，污物通道	3.10
	9#-机房西北侧防护门外 30cm 处，污物通道	4.56
	10#-机房北侧屏蔽墙外 30cm 处，走廊	4.28
	11#-机房楼上地面 100cm 处，楼顶花园	4.6
	12#-机房楼下地面 170cm 处，走廊	2.45
DSA 机房内	第一术者位置	0.5
	第二术者位置	1.0

B_s—屏蔽材料对散射线的透射因子，无量纲，计算公式见式 11-2。此处散射线是指本项目最大常用管电压（80kV，即 0.08MV）下有用线束（初级 X 射线）的散射线，其能量偏保守取有用线束侧向（散射角θ=90º）的一次散射线能量，可借鉴康普顿散射定律计算一次散射线能量 E 与入射的初级 X 射线能量 E_0 之比值 $E/E_0=1/[1+E_0（1-\cos\theta）/0.511]=1/[1+0.08×（1-\cos90º）/0.511]=0.865$，继而计算一次散射线能量 E 对应的 kV 值为 80kV×0.865=69.2kV，近似取为 70kV，再从 GBZ 130-2020 表 C.2 中查取对应于 70kV 的α、β、γ数值，具体见表 11-9；

K—有效剂量与空气比释动能转换系数，Sv/Gy，查《用于光子外照射防护的剂量转换系数》（GBZ/T 144-2002）表 B2，按前述 90º方向一次散射线能量对应的 kV 值为 70kV，*K* 值取 1.60。

α、*β*、*γ*—铅对 70kV 管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数，具体见表 11-9。

表 11-9 铅对 70kV 管电压 X 射线辐射衰减有关的拟合参数

②漏射线

泄漏辐射剂量率 $\dot{H}_L$ 采用下式计算：

$$\dot{H}_L = \frac{H_i \cdot B}{r^2} \bullet K \qquad \text{公式 11-5}$$

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，本项目 DSA 管电压为 80kV（本项目正常运行最大管电压）工况下机房四周屏蔽墙、地面的泄漏射线屏蔽透射因子使用公式 11-2 计算；

K—有效剂量与空气比释动能转换系数，Sv/Gy，查《用于光子外照射防护的剂量转换系数》（GBZ/T 144-2002）表 B2，对于本项目 DSA 运行时常用最大管电压 80kV，*K* 值取 1.67。

将 DSA 机房屏蔽体的铅厚度 *X*（表 11-3）、有关的拟合参数*α*、*β*、*γ*值（表 11-5、表 11-9）代入公式 11-2，计算相应的散射辐射、泄漏辐射屏蔽透射因子值，列于表 11-10。

同时，利用公式 11-2 对 DSA 机房内介入操作人员防护用品与辅助防护设施的散射辐射、泄露辐射屏蔽透射因子进行计算，也列于表 11-10。

表 11-10 DSA 机房屏蔽体、介入操作人员防护用品非有用线束辐射屏蔽透射因子计算结果

屏蔽体（设施）	屏蔽材料及厚度	等效铅当量（mm）	屏蔽透射因子 B_s	
			散射线	漏射线

1#-机房东侧防护大门外30cm处，手术等换室	3mm铅板	3	5.79×10^{-9}	4.15×10^{-7}
2#-机房东南侧屏蔽墙外30cm处，强电间	复合电解钢板内挂3mm铅板	3	5.79×10^{-9}	4.15×10^{-7}
3#-机房东南侧屏蔽墙外30cm处，弱电间	复合电解钢板内挂3mm铅板	3	5.79×10^{-9}	4.15×10^{-7}
4#-机房南侧防护门外30cm处，控制室	3mm铅板	3	5.79×10^{-9}	4.15×10^{-7}
5#-机房南侧屏蔽墙外30cm处，控制室	复合电解钢板内挂3mm铅板	3	5.79×10^{-9}	4.15×10^{-7}
6#-机房观察窗外30cm处，操作位	3mm铅当量铅玻璃	3	5.79×10^{-9}	4.15×10^{-7}
7#-机房西南侧屏蔽墙外30cm处，设备间	复合电解钢板内挂3mm铅板	3	5.79×10^{-9}	4.15×10^{-7}
8#-机房西侧屏蔽墙外30cm处，污物通道	复合电解钢板内挂3mm铅板	3	5.79×10^{-9}	4.15×10^{-7}
9#-机房西北侧防护门外30cm处，污物通道	3mm铅板	3	5.79×10^{-9}	4.15×10^{-7}
10#-机房北侧屏蔽墙外30cm处，走廊	复合电解钢板内挂3mm铅板	3	5.79×10^{-9}	4.15×10^{-7}
11#-机房楼上地面100cm处，楼顶花园	120mm混凝土+3mm铅当量防辐射板	4.4	3.15×10^{-12}	1.45×10^{-9}
12#-机房楼下地面170cm处，走廊	120mm混凝土+30mm硫酸钡水泥	2.1	7.28×10^{-7}	1.58×10^{-5}
第一术者	铅帘或铅屏+铅衣	0.5+0.5=1	2.83×10^{-4}	1.43×10^{-3}
	铅帘或铅屏	0.5	5.34×10^{-3}	1.37×10^{-2}
第二术者	铅帘或铅屏+铅衣	0.5+0.5=1	2.83×10^{-4}	1.43×10^{-3}
	铅帘或铅屏	0.5	5.34×10^{-3}	1.37×10^{-2}

将前述有关参数代入公式11-4、公式11-5，计算透视模式、拍片模式下DSA机房外公众、操作台操作人员、机房内介入操作人员处非有用线束辐射剂量率，计算结果见表11-11、表11-12。

表11-11 医疗综合楼三楼DSA室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）	B_s	d_0（m）	d_s（m）	H_s（μSv/h）
1#-机房东侧防护大门外30cm处，手术等换室	透视	300000	20	5.79×10^{-9}	0.45	4.10	8.37×10^{-6}
	拍片		500				2.09×10^{-4}

2#-机房东南侧屏蔽墙外 30cm 处，强电间		透视	300000	20	5.79×10^{-9}	0.45	3.20	1.37×10^{-5}
		拍片		500				3.43×10^{-4}
3#-机房东南侧屏蔽墙外 30cm 处，弱电间		透视	300000	20	5.79×10^{-9}	0.45	4.32	7.53×10^{-6}
		拍片		500				1.88×10^{-4}
4#-机房南侧防护门外 30cm 处，控制室		透视	300000	20	5.79×10^{-9}	0.45	4.63	6.56×10^{-6}
		拍片		500				1.64×10^{-4}
5#-机房南侧屏蔽墙外 30cm 处，控制室		透视	300000	20	5.79×10^{-9}	0.45	4.38	7.33×10^{-6}
		拍片		500				1.83×10^{-4}
6#-机房观察窗外 30cm 处，操作位		透视	300000	20	5.79×10^{-9}	0.45	4.28	7.68×10^{-6}
		拍片		500				1.92×10^{-4}
7#-机房西南侧屏蔽墙外 30cm 处，设备间		透视	300000	20	5.79×10^{-9}	0.45	3.87	9.39×10^{-6}
		拍片		500				2.35×10^{-4}
8#-机房西侧屏蔽墙外 30cm 处，污物通道		透视	300000	20	5.79×10^{-9}	0.45	3.10	1.46×10^{-5}
		拍片		500				3.66×10^{-4}
9#-机房西北侧防护门外 30cm 处，污物通道		透视	300000	20	5.79×10^{-9}	0.45	4.56	6.76×10^{-6}
		拍片		500				1.69×10^{-4}
10#-机房北侧屏蔽墙外 30cm 处，走廊		透视	300000	20	5.79×10^{-9}	0.45	4.28	7.68×10^{-6}
		拍片		500				1.92×10^{-4}
11#-机房楼上地面 100cm 处，楼顶花园		透视	300000	20	3.15×10^{-12}	0.45	4.6	4.07×10^{-9}
		拍片		500				1.02×10^{-7}
12#-机房楼下地面 170cm 处，走廊		透视	300000	20	7.28×10^{-7}	0.45	2.45	5.89×10^{-3}
		拍片		500				1.47×10^{-1}
第一术者	铅衣内	透视	300000	20	2.83×10^{-4}	0.45	0.5	27.51
	铅衣外	透视	300000	20	5.34×10^{-3}	0.45	0.5	518.88
第二术者	铅衣内	透视	300000	20	2.83×10^{-4}	0.45	1	6.88
	铅衣外	透视	300000	20	5.34×10^{-3}	0.45	1	129.72

表 11-12 医疗综合楼三楼 DSA 室关注点处泄漏辐射剂量率计算结果

关注点位置		H_i（mGy/h）	r（m）	B	$\dot{H}_L$（μSv/h）
1#-机房东侧防护大门外 30cm 处，手术等换室		1	4.10	4.15×10^{-7}	4.12×10^{-5}
2#-机房东南侧屏蔽墙外 30cm 处，强电间		1	3.20	4.15×10^{-7}	6.76×10^{-5}
3#-机房东南侧屏蔽墙外 30cm 处，弱电间		1	4.32	4.15×10^{-7}	3.71×10^{-5}
4#-机房南侧防护门外 30cm 处，控制室		1	4.63	4.15×10^{-7}	3.23×10^{-5}
5#-机房南侧屏蔽墙外 30cm 处，控制室		1	4.38	4.15×10^{-7}	3.61×10^{-5}
6#-机房观察窗外 30cm 处，操作位		1	4.28	4.15×10^{-7}	3.78×10^{-5}
7#-机房西南侧屏蔽墙外 30cm 处，设备间		1	3.87	4.15×10^{-7}	4.62×10^{-5}
8#-机房西侧屏蔽墙外 30cm 处，污物通道		1	3.10	4.15×10^{-7}	7.21×10^{-5}
9#-机房西北侧防护门外 30cm 处，污物通道		1	4.56	4.15×10^{-7}	7.42×10^{-5}
10#-机房北侧屏蔽墙外 30cm 处，走廊		1	4.28	4.15×10^{-7}	8.42×10^{-5}
11#-机房楼上地面 100cm 处，楼顶花园		1	4.6	1.45×10^{-9}	1.43×10^{-7}
12#-机房楼下地面 170cm 处，走廊		1	2.45	1.58×10^{-5}	4.39×10^{-3}
第一术者	铅衣内	1	0.5	1.43×10^{-3}	9.55
	铅衣外	1	0.5	1.37×10^{-2}	91.54
第二术者	铅衣内	1	1	1.43×10^{-3}	2.39
	铅衣外	1	1	1.37×10^{-2}	22.88

（4）关注点处预测计算结果汇总

综上所述，本项目医疗综合楼三楼 DSA 机房外关注点处的辐射剂量率理论估算结果汇总见表 11-13。

表 11-13 医疗综合楼三楼 DSA 室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）			
		主射线	散射线	漏射线	合计
1#-机房东侧防护大门外 30cm 处，手术等换室	透视	/	8.37×10^{-6}	4.12×10^{-5}	1.00×10^{-4}
	拍片	/	2.09×10^{-4}		3.01×10^{-4}

2#-机房东南侧屏蔽墙外 30cm 处，强电间		透视	/	1.37×10^{-5}	6.76×10^{-5}	1.64×10^{-4}
		拍片	/	3.43×10^{-4}		4.94×10^{-4}
3#-机房东南侧屏蔽墙外 30cm 处，弱电间		透视	/	7.53×10^{-6}	3.71×10^{-5}	9.02×10^{-5}
		拍片	/	1.88×10^{-4}		2.71×10^{-4}
4#-机房南侧防护门外 30cm 处，控制室		透视	/	6.56×10^{-6}	3.23×10^{-5}	7.85×10^{-5}
		拍片	/	1.64×10^{-4}		2.36×10^{-4}
5#-机房南侧屏蔽墙外 30cm 处，控制室		透视	/	7.33×10^{-6}	3.61×10^{-5}	8.77×10^{-5}
		拍片	/	1.83×10^{-4}		2.64×10^{-4}
6#-机房观察窗外 30cm 处，操作位		透视	/	7.68×10^{-6}	3.78×10^{-5}	9.19×10^{-5}
		拍片	/	1.92×10^{-4}		2.76×10^{-4}
7#-机房西南侧屏蔽墙外 30cm 处，设备间		透视	/	9.39×10^{-6}	4.62×10^{-5}	1.12×10^{-4}
		拍片	/	2.35×10^{-4}		3.38×10^{-4}
8#-机房西侧屏蔽墙外 30cm 处，污物通道		透视	/	1.46×10^{-5}	7.21×10^{-5}	1.75×10^{-4}
		拍片	/	3.66×10^{-4}		5.26×10^{-4}
9#-机房西北侧防护门外 30cm 处，污物通道		透视	/	6.76×10^{-6}	7.42×10^{-5}	8.10×10^{-5}
		拍片	/	1.69×10^{-4}		2.43×10^{-4}
10#-机房北侧屏蔽墙外 30cm 处，走廊		透视	/	7.68×10^{-6}	8.42×10^{-5}	9.19×10^{-5}
		拍片	/	1.92×10^{-4}		2.76×10^{-4}
11#-机房楼上地面 100cm 处，楼顶花园		透视	0.003	4.07×10^{-9}	1.43×10^{-7}	0.003
		拍片	0.074	1.02×10^{-7}		0.074
12#-机房楼下地面 170cm 处，走廊		透视	/	5.89×10^{-3}	4.39×10^{-3}	0.013
		拍片	/	1.47×10^{-1}		0.155
第一术者	铅衣内	透视	/	27.51	9.55	37.06
	铅衣外	透视	/	518.88	91.54	610.42
第二术者	铅衣内	透视	/	6.88	2.39	9.27
	铅衣外	透视	/	129.72	22.88	152.61

根据表 11-13 计算统计结果，本项目医疗综合楼三楼 DSA 室外关注点处的辐射剂量率最高为 0.155μSv/h，满足《放射诊断放射防护要求》（GB 130-2020）的标准要求及本项目**“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”**的管理目标限值要求。

3、周围公众及辐射工作人员年有效剂量估算

（1）年有效剂量估算模式

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

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

式中：H_{Er}—X射线外照射年有效剂量，mSv/a；

H_r—关注点处辐射剂量率，μSv/h；

T—居留因子；

t—年照射时间，h；

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

$$E = \alpha H_u + \beta H_o \qquad \text{公式 11-7}$$

式中：α—系数，有甲状腺屏蔽时，取 0.79，无屏蔽时，取 0.84；

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

β—系数，有甲状腺屏蔽时，取 0.051，无屏蔽时，取 0.100；

H_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），单位为毫希沃特（mSv）。

（2）年有效剂量估算

将有关参数代入公式 11-6，估算 DSA 机房四周公众及操作台辐射工作人员的年附加剂量，见表 11-14。

表 11-14 医疗综合楼三楼 DSA 室四周公众及操作台辐射工作人员的年附加剂量

关注点位置	操作模式	t（h）	T	辐射剂量率（μSv/h）	年有效剂量 H_{Er}^*（mSv/a）	
1#-机房东侧防护大门外	透视	55.9	1/4	1.00×10^{-4}	6.93×10^{-7}	9.30×10^{-7}

30cm 处，手术等换室	拍片	3.8	1/4	3.01×10^{-4}	2.38×10^{-7}	
2#-机房东南侧屏蔽墙外 30cm 处，强电间	透视	55.9	1/16	1.64×10^{-4}	2.84×10^{-7}	3.82×10^{-7}
	拍片	3.8	1/16	4.94×10^{-4}	9.76×10^{-8}	
3#-机房东南侧屏蔽墙外 30cm 处，弱电间	透视	55.9	1/16	9.02×10^{-5}	1.56×10^{-7}	2.10×10^{-7}
	拍片	3.8	1/16	2.71×10^{-4}	5.35×10^{-8}	
4#-机房南侧防护门外 30cm 处，控制室	透视	55.9	1	7.85×10^{-5}	2.17×10^{-6}	2.92×10^{-7}
	拍片	3.8	1	2.36×10^{-4}	7.46×10^{-7}	
5#-机房南侧屏蔽墙外 30cm 处，控制室	透视	55.9	1	8.77×10^{-5}	2.43×10^{-6}	3.26×10^{-6}
	拍片	3.8	1	2.64×10^{-4}	8.33×10^{-7}	
6#-机房观察窗外 30cm 处，操作位	透视	55.9	1	9.19×10^{-5}	2.54×10^{-6}	3.42×10^{-6}
	拍片	3.8	1	2.76×10^{-4}	8.73×10^{-7}	
7#-机房西南侧屏蔽墙外 30cm 处，设备间	透视	55.9	1/16	1.12×10^{-4}	1.94×10^{-7}	2.61×10^{-7}
	拍片	3.8	1/16	3.38×10^{-4}	6.67×10^{-8}	
8#-机房西侧屏蔽墙外 30cm 处，污物通道	透视	55.9	1/8	1.75×10^{-4}	6.06×10^{-7}	8.14×10^{-7}
	拍片	3.8	1/8	5.26×10^{-4}	2.08×10^{-7}	
9#-机房西北侧防护门外 30cm 处，污物通道	透视	55.9	1/8	8.10×10^{-5}	5.66×10^{-7}	6.81×10^{-7}
	拍片	3.8	1/8	2.43×10^{-4}	1.16×10^{-7}	
10#-机房北侧屏蔽墙外 30cm 处，走廊	透视	55.9	1/5	9.19×10^{-5}	1.03×10^{-6}	1.24×10^{-6}
	拍片	3.8	1/5	2.76×10^{-4}	2.10×10^{-7}	
11#-机房楼上地面 100cm 处，楼顶花园	透视	55.9	1/16	0.003	1.04×10^{-5}	2.81×10^{-5}
	拍片	3.8	1/16	0.074	1.77×10^{-5}	
12#-机房楼下地面 170cm 处，走廊	透视	55.9	1/5	0.013	1.15×10^{-4}	2.30×10^{-4}
	拍片	3.8	1/5	0.155	1.15×10^{-4}	

由表 11-14 可知，医疗综合楼三楼 DSA 室四周公众的年附加剂量最大为 2.23×10^{-4}mSv，控制室辐射工作人员的年附加剂量最大为 3.26×10^{-6}mSv；人员年附加有效剂量均满足公众项目管理目标 0.1mSv、工作人员项目管理目标 5mSv 的要求。

将有关参数代入公式 11-8，计算第一术者、第二术者年有效剂量，结果列于表 11-15。

表 11-15 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）
医疗综合楼三楼 DSA 室	第一术者	0.79	0.051	铅衣内	37.06	55.9	3.38
				铅衣外	610.42		
	第二术者			铅衣内	9.27		0.84
				铅衣外	152.61		

由表 11-15 可知，本项目医疗综合楼三楼 DSA 室内的介入操作第一、第二术者操作位的年有效剂量分别为 3.38mSv、0.84mSv，第一、第二术者操作位分别由 1 人承担，能满足工作人员项目管理目标 5mSv 的要求；护师年有效剂量保守参考第二术者位年有限剂量，则也能满足工作人员项目管理目标 5mSv 的要求。

对于介入手术，由于其实际工作中 DSA 透视工况及操作时间的不确定性，辐射工作人员需要按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）的要求，正确佩戴个人剂量计进行跟踪性监测才能准确的测定其受照剂量的大小。医院应加强对介入手术工作人员的个人剂量监测管理，在日常检测中发现个人剂量异常的，应当对有关人员采取保护措施，并在接到监测报告之日起五日内报告发证的生态环境、卫生部门调查处理。介入手术工作人员均按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）穿戴防护用品（铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套等），并充分利用自带的铅悬挂防护屏及床侧防护帘等做好自身防护，确保其年有效剂量满足标准限值要求。

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

二、三废的治理评价

1、废水

工作人员和部分病人产生的生活污水，由院内污水处理站统一处理。

2、废气

DSA 机房内的空气在 X 射线作用下分解产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体。

DSA 机房内拟设置动力通风装置，少量的臭氧、氮氧化物可通过动力通风装置排入大气，臭氧常温下可自行分解为氧气，对周围环境影响较小。

3、固体废物

工作人员、患者及患者家属等产生的生活垃圾，经分类收集后，将交由城市环卫部门处理，对周围环境影响较小。

本项目 DSA 手术过程中产生的棉签、纱布、手套、器具等医疗废物（月产生量约 10kg）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

本项目搬迁的 1 台 DSA 为Ⅱ类射线装置，在射线装置开展医疗诊断和介入治疗过程中，如果不被安全管理或可靠保护，可能对误入机房的受照人员产生较严重放射损伤。因此本项目主要事故风险为：

（1）DSA 正常工作时，人员误留、误入机房内，导致发生误照射。

（2）操作人员违反操作规程或误操作，造成意外超剂量照射。

针对本项目可能发生的辐射事故，可采取以下的处理措施：

1）立即按下设备操作台或室内的急停按钮，切断装置的电源，组织人员保护现场，迅速报告单位管理部门进行事故处理，并上报环保等部门；

2）迅速安排受照人员接受医学检查和救治；

3）事故发生后，积极配合环保等管理部门做好事故调查和善后处理工作；

4）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。

医院应根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《江苏省辐射污染防治条例》等要求，发生辐射事故的，立即启动事故应急方案，采取必要防范措施，并在事故发生后 1 小时内向所在地生态环境和公安部门报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的，还应当同时向卫生健康部门报告；并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门和公安部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，同时向当地卫生健康行政部门报告。

表 12　辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

东南大学附属中大医院拟将江北院区内医疗综合楼三楼辅助手术室改造为 1 座 DSA 机房，并将原位于后勤综合楼一楼介入导管室的 1 台 DSA 搬迁至改造的 DSA 机房，用于开展医疗诊断和介入治疗。根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，使用Ⅱ类射线装置的单位，应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以文件形式明确管理人员职责。从事辐射工作的人员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。

东南大学附属中大医院已成立“放射防护安全管理领导小组”（详见附件 6），以文件形式明确管理人员职责。医院应根据上述要求，结合本次搬迁 1 台 DSA 项目实际情况修订管理机构文件，明确医院相关辐射项目的管理人员及其职责，将本项目辐射安全管理纳入全院的辐射安全管理工作中。从事辐射工作的人员均应根据《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）：“自 2020 年 1 月 1 日起，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过生态环境部‘核技术利用辐射安全与防护培训平台’（网址：http：//fushe.mee.gov.cn）报名并参加考核。2020 年 1 月 1 日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效”。东南大学附属中大医院拟为本项目配备 4 名辐射工作人员，均为从原有工作人员中调配，辐射工作人员均已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，并取得培训合格证书（详见附件 7）。如有辐射工作人员及辐射安全管理人员辐射培训证书到期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”。东南大学附属中大医院已制定相关辐射安全管理规章制度（详见附件 6），满足目前核技术利用项目管理。医院应根据本次搬迁 1 台 DSA 项目的实际情况及以下内容进一步完善相关制度，并落实到实际工作中，严格执行，加强辐射安全管理。

1）操作规程：针对本项目 DSA 制定操作规程，明确辐射工作人员的资质条件要求、操作过程中采取的具体防护措施及步骤，重点是工作时必须佩戴个人剂量计和剂量报警仪或检测仪器，避免事故发生。

2）岗位职责：明确与本次搬迁 DSA 相关的管理人员、射线装置操作人员、维修人员的岗位责任，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，并层层落实。

3）辐射防护和安全保卫制度：根据单位的具体情况制定辐射防护和安全保卫制度，规定专人负责实时 DSA 项目防护与安全保卫工作，定期对辐射防护与安全保卫相关的用品、仪器进行检查。

4）设备维修制度：明确 DSA 和辐射监测设备维修计划、维修的记录和在日常新建过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，并做好记录。确保射线装置、安全措施（警示标志、工作状态指示灯）、剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。

5）人员培训计划和健康管理制度：明确本项目的培训对象、内容、周期、方式以及考核的办法等内容，并强调对培训档案的管理，做到有据可查。相关辐射工作人员应及时学习最新的国家政策法规及标准，熟练掌握放射性防护知识、最新的操作技术。根据 18 号令及《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，辐射工作人员均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。辐射工作人员应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。

6）监测方案：制订辐射工作人员剂量监测工作制度和工作场所定期监测制度。对辐射工作人员进行个人剂量监测并建立个人剂量档案，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；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。

辐射监测

根据辐射管理要求，东南大学附属中大医院已配备了辐射巡测仪 2 台，并拟为本项目配备个人剂量报警仪 2 台，用于辐射防护监测和报警，同时结合本项目实际情况，拟制定如下监测计划：

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

2）辐射工作人员开展个人剂量监测（周期：每 1 至 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。

东南大学附属中大医院须根据上述监测计划，明确监测频次和监测项目。监测结果定期上报生态环境行政主管部门。发现工作场所及周围环境监测结果异常情况的，应当立即采取措施，并在一小时内向县（市、区）或者设区的市生态环境行政主管部门报告。此外，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，使用放射源和射线装置的单位，应当对本单位的射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前将年度评估报告上传至全国核技术利用辐射安全申报系统，年度评估发现安全隐患的，应当立即整改。

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：

①应急机构和职责分工；

②应急的具体人员和联系电话；

③应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；

④辐射事故发生的可能、分级及应急响应措施；

⑤辐射事故调查、报告和处理程序。

对于在医院定期监测或委托监测时发现异常情况的，医院应根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《江苏省辐射污染防治条例》等要求，发生辐射事故的，立即启动事故应急方案，采取必要防范措施，并在事故发生后1小时内向所在地生态环境和公安部门报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的，还应当同时向

卫生健康行政管理部门报告；并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门和公安部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，同时向当地卫生健康行政部门报告。

东南大学附属中大医院已制定放射安全事件应急处理预案（详见附件6），用于辐射安全事故应急。医院应根据本次搬迁1台DSA项目实际情况，修订完善放射安全事件应急处理预案，将本项目纳入全院辐射安全事故应急范围内。

表 13　结论与建议

结论

一、项目基本情况

东南大学附属中大医院拟将江北院区内医疗综合楼三楼辅助手术室改造为 1 座 DSA 机房，并将原位于后勤综合楼一楼介入导管室的 1 台 DSA（型号为：Artis one，最大管电压 125kV，最大管电流 1250mA）搬迁至改造的 DSA 机房，用于开展医疗诊断和介入治疗。DSA 为Ⅱ类射线装置。

二、实践正当性

本项目的运行，可为病人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）辐射防护“实践正当性”原则。

三、选址合理性

东南大学附属中大医院江北院区位于南京市六合区健民路 211 号，医院东侧为大厂·永利体育场及旭东路，南侧为南京市江北新区文化体育发展中心，西侧为鑫乐生活广场，北侧为邮电大楼及健民路。医院拟将江北院区内医疗综合楼三楼辅助手术室改造为 DSA 机房，并将原位于后勤综合楼一楼介入导管室的 1 台 DSA 搬迁至改造的 DSA 机房。医疗综合楼东侧为院内道路及停车位，东南侧为病房楼，南侧为院内道路及停车位，西侧为院内道路及后勤综合楼，北侧为院内道路及门诊楼。

医疗综合楼三楼辅助手术室改造前，辅助手术室东侧为库房，东南侧为强电间、弱电间，南侧为走廊，西侧为预处理室，西北侧为清洁走廊，北侧为走廊；改造为 DSA 室后，DSA 室东侧为手术等换间，东南侧为强电间、弱电间，南侧为缓冲区、控制室，西侧为设备间，西北侧为污物通道，北侧为走廊，楼下为走廊、办公室、更衣室，楼上为楼顶花园。

本项目 DSA 机房周围 50m 评价范围均在医院范围内，评价范围内无学校、居民区等环境敏感目标。项目运行后的环境保护目标主要是本项目辐射工作人员、评价范围内其他医务人员、病患和周围其他公众等。

对照《江苏省国家级生态保护红线规划》（苏政发〔2018〕74 号）、《江苏省生

态空间管控区域规划》（苏政发〔2020〕1号），本项目拟建址评价范围内不涉及江苏省国家级生态保护红线、江苏省生态空间管控区域。根据《江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案》（苏政发〔2020〕49号），本项目拟建址评价范围内不涉及江苏省内优先保护单元。

本项目射线装置机房与控制室分开，区域划分明确，选址及布局合理。

四、辐射环境现状

东南大学附属中大医院江北院区搬迁1台DSA项目拟建址及其周围本底辐射剂量率在47nGy/h～82nGy/h之间，位于江苏省环境天然γ辐射剂量率涨落区间，属江苏省环境天然γ辐射剂量本底水平。

五、环境影响评价

东南大学附属中大医院江北院区搬迁1台DSA项目拟采取的辐射防护屏蔽措施适当，符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）相关要求。根据预测结果，在落实本报告提出的各项辐射安全与防护措施的情况下，本项目投入运行后对辐射工作人员和公众所受辐射剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中对职业人员和公众年有效剂量限值要求以及本项目管理目标限值要求（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、辐射安全措施评价

本项目DSA机房入口处均拟设置“当心电离辐射”警告标志和工作状态指示灯；DSA机房设有闭门装置，射线装置机房内外均设置有急停按钮，符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中的要求。

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。

七、辐射安全管理评价

东南大学附属中大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。医院应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》，增补相应内容，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。

东南大学附属中大医院需为本项目辐射工作人员配置个人剂量计，定期送有资质单位监测个人剂量，建立个人剂量档案；定期进行健康体检，建立个人职业健康监护

档案。东南大学附属中大医院已配备辐射巡测仪 2 台，拟为本项目辐射工作人员配备个人剂量报警仪 2 台。此外，医院应根据 GBZ 130-2020 的要求，为辐射工作人员和受检者配备足够数量的个人防护用品和辅助防护设施。

综上所述，东南大学附属中大医院江北院区搬迁 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，该医院将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和相应的辐射安全防护措施，其运行对周围环境产生的影响能够符合辐射环境保护的要求，从环境保护角度论证，本项目的建设和运行是可行的。

建议和承诺

1、该项目运行中，应严格遵循操作规程，加强对操作人员的培训，杜绝麻痹大意思想，以避免意外事故造成对公众和职业人员的附加影响，使对环境的影响降低到最低。

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

3、定期进行辐射工作场所的检查及监测，及时排除事故隐患。

4、医院在取得本项目环评批复，且具备辐射安全许可证申请条件后，应及时申请辐射安全许可证，并按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4 号）第十二条“除需要取得排污许可证的水和大气污染防治设施外，其他环境保护设施的验收期限一般不超过 3 个月；需要对该类环境保护设施进行调试或者整改的，验收期限可以适当延期，但最长不超过 12 个月。”的规定时限要求开展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	医疗综合楼三楼DSA机房四侧墙体拟采用复合电解钢板内挂3mmPb铅板，顶面拟采用120mm混凝土+3mmPb防辐射板，地面拟采用120mm混凝土+30mm硫酸钡水泥，防护门拟采用3mm铅板，观察窗拟采用3mm铅当量铅玻璃。	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以及本项目的目标管理值要求。	8
	安全措施（警示标志、工作状态指示灯等）：本项目DSA机房入口处均拟设置“当心电离辐射”警告标志和工作状态指示灯；DSA机房设有闭门装置及防夹装置，机房内外均设置有急停按钮。	满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的相关要求。	
人员配备	调配4名辐射工作人员。	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》要求。	/
	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2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
	拟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、铅防护吊帘、床侧防护帘、床侧防护屏等。	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》有关要求。	/
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，	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。	/

	建立完善、内容全面、具有可操作性的辐射安全规章制度。		
总计	/	/	10

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