核技术利用建设项目

江苏省中医院
扩建介入诊疗项目
环境影响报告表



江苏省中医院

2025 年 9 月

生态环境部监制

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 ..... - 15 -
表 9　项目工程分析与源项 ..... - 22 -
表 10　辐射安全与防护 ..... - 30 -
表 11　环境影响分析 ..... - 36 -
表 12　辐射安全管理 ..... - 57 -
表 13　结论与建议 ..... - 63 -
表 14　审批 ..... - 69 -

表 1　项目基本情况

<table>
<tr><td colspan="2">建设项目名称</td><td colspan="7">江苏省中医院扩建介入诊疗项目</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设单位</td><td colspan="7">江苏省中医院</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="7">江苏省南京市秦淮区汉中路 155 号</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目建设地点</td><td colspan="7">江苏省南京市秦淮区汉中路 155 号</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="2">/</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设项目总投资（万元）</td><td></td><td colspan="2">项目环保总投资（万元）</td><td></td><td>投资比例（环保投资/总投资）</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">项目性质</td><td colspan="4">☐新建 ☐改建 ☑扩建 ☐其他</td><td>占地面积（m^2）</td><td>/</td></tr>
<tr><td rowspan="9">应用类型</td><td rowspan="2">放射源</td><td>☐销售</td><td colspan="6">☐Ⅰ类 ☐Ⅱ类 ☐Ⅲ类 ☐Ⅳ类 ☐Ⅴ类</td></tr>
<tr><td>☐使用</td><td colspan="6">☐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="6">☐制备 PET 用放射性药物</td></tr>
<tr><td>☐销售</td><td colspan="6">/</td></tr>
<tr><td>☐使用</td><td colspan="6">☐乙　☐丙</td></tr>
<tr><td rowspan="3">射线装置</td><td>☐生产</td><td colspan="6">☐Ⅱ类 ☐Ⅲ类</td></tr>
<tr><td>☐销售</td><td colspan="6">☐Ⅱ类 ☐Ⅲ类</td></tr>
<tr><td>☑使用</td><td colspan="6">☑Ⅱ类 ☐Ⅲ类</td></tr>
<tr><td>其他</td><td colspan="7">/</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

江苏省中医院创建于 1954 年 10 月，为全国首批成立的省级中医医院之一，目前已发展成为一所大型综合性三级甲等中医院。医院共设本部院区、紫东院区和钟山院区三个院区，分别位于秦淮区汉中路 155 号、栖霞区仙林大道 200 号和玄武区中山陵 11 号。

江苏省中医院本部院区位于江苏省南京市秦淮区汉中路 155 号，本部院区以石鼓

路为界分为南院、北院两个区域。为了更好地为患者服务，提高医院的医疗质量，江苏省中医院拟在本部院区南院医技病房综合楼二层 DSA 机房 2 内配备 1 台岛津 BRANSIST alexa 型 DSA（单球管，最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA）；拟在本部院区北院医技楼七层 01ERCP 室内配备 1 台佳能 INFX-9000F 型 DSA（单球管，最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA），用于开展医疗诊断和介入治疗。

江苏省中医院拟从介入医学科现有人员中调用共计 6 名辐射工作人员承担南院医技病房综合楼二层 DSA 机房 2 的辐射工作，其中手术医生 5 人、技师 1 人，拟为南院医技病房综合楼二层 DSA 机房 2 新聘用 2 名护士。根据医院提供的 DSA 工作负荷，DSA 机房 2 内同室操作的辐射工作人员（医生、护士）年接触射线时间不超过 150.0h，技师在控制室进行隔室操作设备，包括透视和摄影，隔室操作时间不超过 151.67h。本项目辐射工作人员年工作 250 天，计划将医生和护士分为 2 组，共同承担本部院区介入医学科 DSA 机房 2 的介入治疗工作，不兼职其他放射工作，则本项目所致医生和护士、技师的年受照时间分别约为 75.0h、151.67h。

江苏省中医院拟从消化内镜中心为北院医技楼七层 01ERCP 新聘用 10 名辐射工作人员，其中手术医生 6 人、技师 1 人、护士 3 人。根据医院提供的 DSA 工作负荷，01ERCP 室内同室操作的辐射工作人员（医生、护士）年接触射线时间不超过 183.0h，技师在控制室进行隔室操作设备，包括透视和摄影，隔室操作时间不超过 184.69h。本项目辐射工作人员年工作 250 天，计划将医生和护士分为 3 组，共同承担本部院区消化内镜中心 01ERCP 室的介入治疗工作，不兼职其他放射工作，则本项目所致医生和护士、技师的年受照时间分别约为 61.0h、184.69h。

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、法规和部门规章，江苏省中医院扩建介入诊疗项目需进行环境影响评价。受江苏省中医院的委托，南京瑞森辐射技术有限公司承担了扩建介入诊疗项目的环境影响评价工作（见附件 1）。根据《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），本项目 DSA 属血管造影用 X 射线装置，为Ⅱ类射线装置。依照《建设项目环境影响评价分类管理名录》（生态环境部令 第 16 号，2021 年版），本项目为扩建介入诊疗项目，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。南京瑞森

辐射技术有限公司在资料调研、项目工程分析、现场勘察及现场监测等工作的基础上，编制了项目环境影响报告表。医院扩建介入诊疗项目情况见表 1-1：

表 1-1 扩建介入诊疗项目情况一览表

射线装置

序号	射线装置名称型号	数量	最大管电压（kV）	最大管电流（mA）	射线装置类别	工作场所名称	活动种类	环评情况	备注
1	DSA（岛津 BRANSIST alexa 型）	1	125	1000	Ⅱ类	本部院区南院医技病房综合楼二层 DSA 机房 2	使用	本次环评	/
2	DSA（佳能 INFX-9000F 型）	1	125	1000	Ⅱ类	本部院区北院医技楼七层 01ERCP 室	使用	本次环评	/

二、项目选址情况

江苏省中医院本部院区位于南京市秦淮区汉中路 155 号，本部院区以石鼓路为界分为南院、北院两个区域。本部院区东侧为莫愁路、省中杏苑和南京财经高等职业技术学校，南侧为侯家桥，西侧为罗廊巷、居民区和离休干部小区，北侧为汉中路。本项目地理位置示意见附图 1，江苏省中医院本部院区周围环境示意图及总平面图见附图 2。

本次扩建介入诊疗项目主要包括：

（一）拟在本部院区南院医技病房综合楼二层 DSA 机房 2 内配备 1 台岛津 BRANSIST alexa 型 DSA，用于开展医疗诊断和介入治疗。南院医技病房综合楼东侧、南侧和北侧均为院内道路，西侧为院内道路和传达室。DSA 机房 2 东侧、南侧为走廊，西侧为 DSA 机房 1，北侧为设备间和控制室，下方为员工餐厅，上方为水处理间和检验科临检检测区。本部院区南院医技病房综合楼二层 DSA 机房 2 平面布置及周围环境示意图见附图 3。

（二）拟在本部院区北院医技楼七层 01ERCP 室内配备 1 台佳能 INFX-9000F 型 DSA，用于开展医疗诊断和介入治疗。北院医技楼东侧、南侧为院内绿化，西侧为院内道路和食堂楼，北侧为门急诊病房综合楼。01ERCP 室东侧、南侧为走廊，西侧为楼梯间，北侧为治疗室和控制室，下方为模拟示教培训室和走廊，上方无建筑。本部院区北院医技楼七层 01ERCP 室平面布置及周围环境示意图见附图 6。

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和

格式》（HJ 10.1-2016）中“放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外50m的范围”的规定，结合本项目的特点，确定本项目评价范围为本次DSA机房实体屏蔽体边界外周围50m范围内区域。本次扩建介入诊疗项目除DSA机房2周围50m评价范围北至居民区（距DSA机房2最近约28m）、01ERCP室周围50m评价范围南至省中杏苑（距01ERCP室最近约30m）外，其余均位于院区边界内，项目运行后的环境保护目标主要为医院辐射工作人员、院区内的其他医护人员、病患、陪同家属及评价范围内居民区、省中杏苑处其他公众等。

三、原有核技术利用项目许可情况

江苏省中医院持有江苏省生态环境厅核发的辐射安全许可证（苏环辐证[00137]），有效期至：2027年4月21日，许可种类和范围为“使用III类、V类放射源；使用II类、III类射线装置；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”。医院辐射安全许可证正副本见附件4。

医院已开展的核技术利用项目均已履行环保手续，无环保遗留问题。医院现有核技术利用项目情况见附件5。

四、实践正当性分析

本项目的运行，可为患者提供放射介入诊疗服务，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，本项目的建设和运行对受照个人或社会所带来的利益能够弥补其可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）“实践的正当性”的原则。

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类	1 台	岛津 BRANSIST alexa 型	125	1000	医用诊断/介入治疗	本部院区南院医技病房综合楼二层 DSA 机房 2	/
2	DSA	Ⅱ类	1 台	佳能 INFX-9000F 型	125	1000	医用诊断/介入治疗	本部院区北院医技楼七层 01ERCP 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
DSA 手术过程中产生的棉签、纱布、手套、器具等医疗废物	固体	/	/	约 176kg	约 2115kg	/	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。
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	/	不暂存	通过排风系统排入外环境，臭氧在常温下约 50 分钟可自行分解为氧气。
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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》，1989 年 12 月 26 日第七届全国人民代表大会常务委员会第十一次会议通过，2014 年 4 月 24 日第十二届全国人民代表大会常务委员会第八次会议修订，中华人民共和国主席令 第九号，2015 年 1 月 1 日起实施； （2）《中华人民共和国环境影响评价法》，中华人民共和国主席令 第七十七号，2002 年 10 月 28 日发布，根据 2016 年 7 月 2 日第十二届全国人民代表大会常务委员会第二十一次会议《关于修改〈中华人民共和国节约能源法〉等六部法律的决定》第一次修正，根据 2018 年 12 月 29 日第十三届全国人民代表大会常务委员会第七次会议《关于修改〈中华人民共和国劳动法〉等七部法律的决定》第二次修正； （3）《中华人民共和国放射性污染防治法》，中华人民共和国主席令 第六号，2003 年 10 月 1 日起实施； （4）《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令 第 449 号，2005 年 12 月 1 日起施行；2019 年修改，国务院令 第 709 号，2019 年 3 月 2 日施行； （5）《建设项目环境保护管理条例》，中华人民共和国国务院令 第 253 号，1998 年 11 月 29 日发布，根据 2017 年 7 月 16 日《国务院关于修改〈建设项目环境保护管理条例〉的决定》（中华人民共和国国务院令 第 682 号）修订，2017 年 10 月 1 日起施行； （6）《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修正本），生态环境部令 第 20 号，2021 年 1 月 4 日起施行； （7）《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），生态环境部令 第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行； （8）《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环保部令 第 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行； （9）《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）《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； （11）《关于发布<建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法>配套文件的公告》，生态环境部公告 2019年 第38号，2019年10月25日发布； （12）《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，生态环境部公告 2019年 第39号，2019年10月25日发布； （13）《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，生态环境部公告 2019年 第57号，2019年12月24日发布； （14）《产业结构调整指导目录（2024年本）》（2023年修改），国家发展和改革委员会2023年令 第7号，2024年2月1日起施行； （15）《省生态环境厅关于进一步做好建设项目环境影响报告书（表）编制单位监管工作的通知》，苏环办〔2021〕187号，2021年5月28日发布； （16）《江苏省生态环境厅关于印发辐射安全许可证办理等工作程序和规范的通知》，苏环规〔2025〕1号，2025年9月21日起施行； （17）《省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》，苏政发〔2018〕74号，2018年6月9日发布； （18）《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》，苏政发〔2020〕1号，2020年1月8日发布； （19）《江苏省政府关于印发江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》，苏政发〔2020〕49号，2020年6月21日发布； （20）《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。
技术 标准	（1）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）； （2）《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）； （3）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）； （4）《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016）； （5）《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）；

	（6）《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）； （7）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）； （8）《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）； （9）《外照射放射防护剂量转换系数标准》（WS/T 830-2024）。
其他	**附图：** （1）江苏省中医院扩建介入诊疗项目地理位置示意图； （2）江苏省中医院本部院区总平面及周围环境示意图； （3）江苏省中医院本部院区南院医技病房综合楼二层DSA机房2平面布置及分区示意图； （4）江苏省中医院本部院区南院医技病房综合楼一层平面布置示意图； （5）江苏省中医院本部院区南院医技病房综合楼三层平面布置示意图； （6）江苏省中医院本部院区北院医技楼七层01ERCP室平面布置及分区示意图； （7）江苏省中医院本部院区北院医技楼六层平面布置示意图。 **附件：** （1）项目委托书； （2）射线装置使用承诺书； （3）DSA机房屏蔽设计情况； （4）辐射安全许可证正副本； （5）原有核技术利用项目基本情况一览表； （6）现有辐射工作人员近一年度个人剂量监测报告； （7）本部院区南院医技病房综合楼二层DSA机房1防护检测报告； （8）本项目辐射环境现状监测报告； （9）本项目江苏省生态环境分区管控综合查询报告书。

表 7　保护目标与评价标准

评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）中“放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围”的规定，结合本项目的特点，确定本项目评价范围为本次扩建介入诊疗项目工作场所实体屏蔽体边界外周围 50m 范围内区域，评价范围详见附图 2。

保护目标

本次扩建介入诊疗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）要求，本项目建设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），本项目建设址评价范围内不涉及江苏省内优先保护单元（详见附件 9）；本项目为核技术利用项目，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。

本项目主要考虑 DSA 工作时可能对周围环境产生的辐射影响。本次扩建介入诊疗项目除 DSA 机房 2 周围 50m 评价范围北至居民区（距 DSA 机房 2 最近约 28m）、01ERCP 室周围 50m 评价范围南至省中杏苑（距 01ERCP 室最近约 30m）外，其余均位于院区边界内，项目运行后的环境保护目标主要为医院辐射工作人员、院区内的其他医护人员、病患、陪同家属及评价范围内居民区、省中杏苑处其他公众等。详见表 7-1。

表 7-1 本项目保护目标一览表

序号	环境保护目标		方位	最近距离	保护对象类别	人口规模	年剂量约束值
1	本部院区南院医技病房综合楼二层 DSA 机房 2	操作技师	控制室	紧临	辐射工作人员	约 1 人	5mSv/a（职业人员）
		医师、护士	机房内	/		约 7 人	
2	本部院区北院医技楼七层 01ERCP 室	操作技师	控制室	紧临	辐射工作人员	约 1 人	
		医师、护士	机房内	/		约 9 人	
3	本部院区南院医技病房综合楼一层~三层	其他医务人员	DSA 机房 2 四周及上、下方	毗邻	公众	约 100 名	0.1mSv/a（公众）
		病患、周围公众				流动人员	
	本部院区南院医技病房综合楼地下车库	周围公众	下方	约 4m	公众	流动人员	
	本部院区南院医技病房综合楼四层~十六层	其他医务人员	上方	约 4m	公众	约 300 名	
		病患、周围公众				约 300 张床位，其余为流动人员	
4	本部院区南院传达室人员		西侧	约 40m	公众	2 人	
5	本部院区南院北侧居民区居民		北侧	约 28m	公众	约 25 人	
6	本部院区南院院内道路人员		南、西、北侧	约 25m	公众	流动人员	
7	本部院区北院医技楼六层~七层	其他医务人员	01ERCP 室四周及下方	毗邻	公众	约 60 名	
		病患、周围公众				流动人员	
	本部院区北院医技楼一层~五层	其他医务人员	下方	约 4m	公众	约 150 名	
		病患、周围公众				流动人员	
8	本部院区北院门急诊病房综合楼	其他医务人员	北侧	约 19m	公众	约 200 名	
		病患、周围公众				约 200 张床位，其余为流动人员	
9	本部院区北院食堂楼人员		西侧	约 22m	公众	约 20 人，其余为流动人员	
10	本部院区北院锅炉房人员		西侧	约 39m	公众	约 4 人	
11	本部院区北院院内道路人员		西、北侧	约 7m	公众	流动人员	

12	省中杏苑居民	南侧	约 30m	公众	约 300 人	

评价标准

一、工作人员职业照射和公众照射剂量限值：

本项目辐射工作人员和公众的年有效剂量执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中个人剂量限值，见表 7-2。

表 7-2 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 5mSv； ③眼晶体的年当量剂量，15mSv； ④皮肤的年当量剂量，50mSv。

二、剂量约束值：

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）附录 B 的要求并结合本项目特点，确定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。

三、DSA 机房外的周围剂量当量率参考控制水平：

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）“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”的要求，确定本项目机房外的周围剂量当量率参考控制水平为：距 DSA 机房墙体、门、观察窗表面外 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。

四、辐射环境质量现状检测评价参考值

根据《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）确定本项目建设址的辐射环境质量现状检测评价参考值，见表7-3。

表7-3 江苏省全省环境天然γ辐射水平调查结果（单位：nGy/h）

	原野剂量率	道路剂量率	室内剂量率
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：测量值已扣除宇宙射线响应值，现状评价时，取测值范围数值：即原野为（33.1～72.6）nGy/h；道路为（18.1～102.3）nGy/h；室内为（50.7～129.4）nGy/h。

五、参考资料：

（一）《辐射防护导论》，方杰主编；

（二）《辐射防护手册（第一分册）》，李德平、潘自强主编。

图 8-3 南院医技病房综合楼二层 DSA 机房 2 南侧

图 8-4 南院医技病房综合楼二层 DSA 机房 2 西侧

图 8-5 南院医技病房综合楼二层 DSA 机房 2 北侧

图 8-6 南院医技病房综合楼二层 DSA 机房 2 下方

图 8-7 本部院区南院医技病房综合楼二层
DSA 机房 2 上方

图 8-8 本部院区北院医技楼七层
01ERCP 室

图 8-9 本部院区北院医技楼七层
01ERCP 室东侧

图 8-10 本部院区北院医技楼七层
01ERCP 室南侧

图 8-11 本部院区北院医技楼七层 01ERCP 室西侧

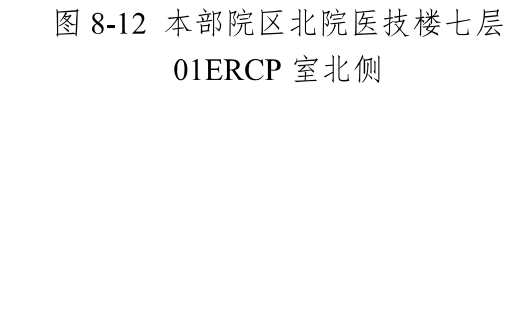


图 8-12 本部院区北院医技楼七层 01ERCP 室北侧

图 8-13 本部院区北院医技楼七层 01ERCP 室下方

二、辐射环境现状调查

根据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）相关方法和要求，在进行环境现场调查时，于本次扩建介入诊疗项目建设址周围进行布点，测量γ辐射剂量率。监测结果见表 8-1，监测点位示意图见图 8-14。

监测单位：南京瑞森辐射技术有限公司

监测项目：γ辐射剂量率

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

能量范围：20keV～7MeV

剂量率范围：1nSv/h～99.9μSv/h

监测日期：2025 年 6 月 24 日

天气：晴

温度：25℃

湿度：61%RH

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

质量控制：本项目监测单位南京瑞森辐射技术有限公司已通过检验检测机构资质认定（证书编号：221020340350，检测资质见附件 8），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）要求，实施全过程质量控制。

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检验，监测报告实行三级审核。

数据记录及处理：γ辐射空气吸收剂量率监测每个点位读取 10 个数据，读取间隔不小于 10s，并待计数稳定后读取数值。每组数据计算每个点位的平均值并计算方差。本项目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，换算系数取 1.20Sv/Gy。

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

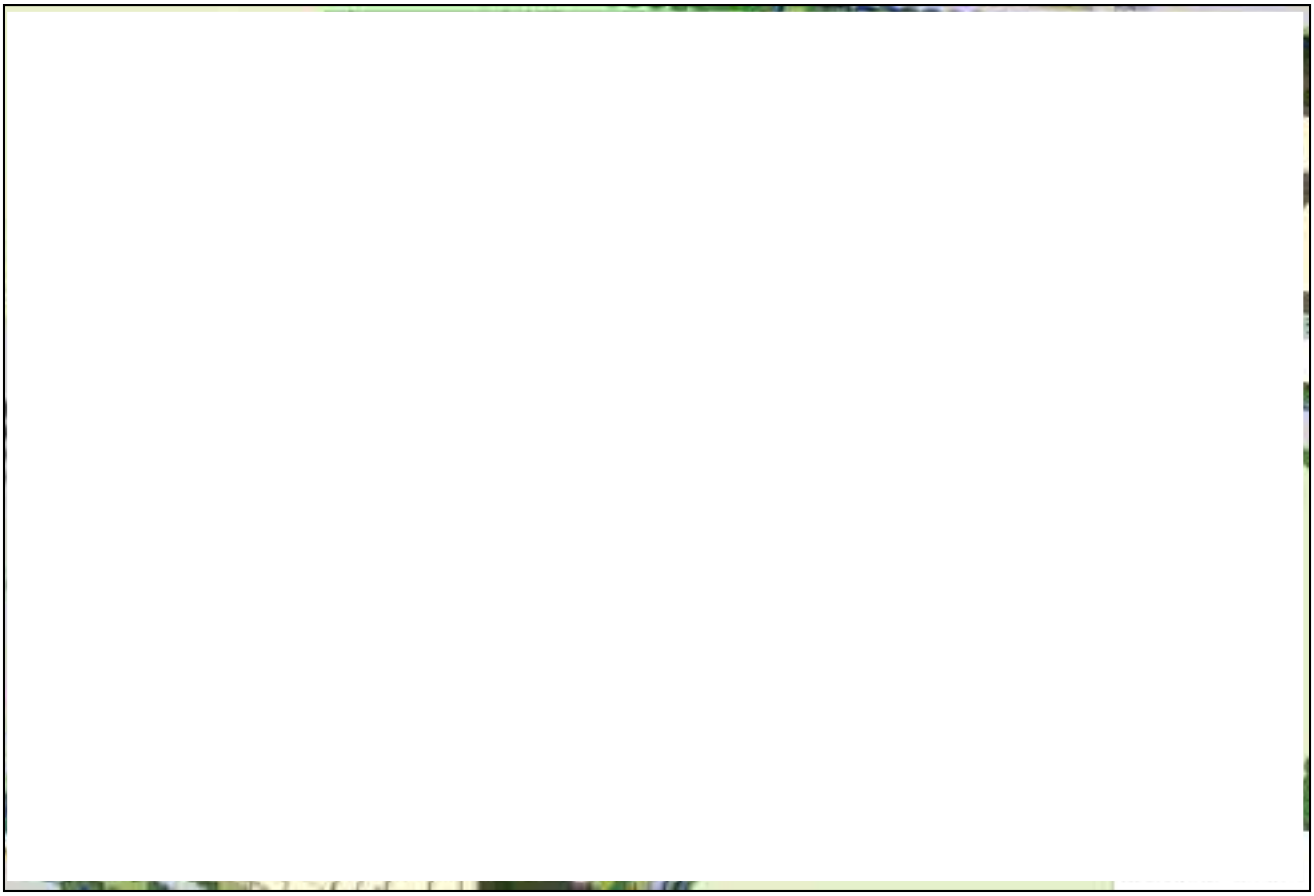


图 8-14 扩建介入诊疗项目建设址周围环境监测点位示意图

表 8-1 扩建介入诊疗项目拟建址周围环境γ辐射水平

测点编号	测点描述	测量结果（nGy/h）	标准差	备注
1	本部院区南院医技病房综合楼二层 DSA 机房 2 拟建址内	57	2	楼房
2	DSA 机房 2 拟建址东侧	59	2	楼房
3	DSA 机房 2 拟建址南侧	86	1	楼房
4	DSA 机房 2 拟建址西侧	63	2	楼房
5	DSA 机房 2 拟建址北侧	57	1	楼房
6	DSA 机房 2 拟建址下方	61	3	楼房
7	DSA 机房 2 拟建址上方	85	2	楼房
8	本部院区北院医技楼七层 01ERCP 室拟建址内	58	4	楼房
9	01ERCP 室拟建址东侧	74	2	楼房
10	01ERCP 室拟建址南侧	78	4	楼房

11	01ERCP 室拟建址西侧	76	4	楼房
12	01ERCP 室拟建址北侧	65	2	楼房
13	01ERCP 室拟建址下方	58	4	楼房
14	本部院区南院传达室东侧	42	2	道路
15	本部院区南院北侧居民区南侧	44	2	道路
16	本部院区北院门急诊病房综合楼西南角	48	2	道路
17	本部院区北院食堂楼东侧	39	4	道路
18	本部院区北院锅炉房东侧	46	2	道路
19	省中杏苑北侧	45	2	道路

注：1、上表数据已扣除检测仪器宇宙射线响应值。环境γ辐射剂量率测量结果按照《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）中公式$\dot{D} = C_f\left(E_f\dot{X} - \mu_c\dot{X_c}'\right)$计算，其中，$C_f$为仪器量程检定/校准因子，本项目为 1.02；$E_f$为仪器检验源效率因子；$\dot{X}$为现场监测时仪器 n 次读数的平均值；μ_c为建筑物对宇宙射线带电粒子和光子的屏蔽因子，楼房取值为 0.8，平房取值为 0.9，原野、道路取值为 1；$\dot{X_c}'$为测点处仪器对宇宙射线的响应值，本仪器的宇宙射线响应值为 25nGy/h；

2、检测期间，周围无射线装置运行。

由表 8-1 监测结果可知，江苏省中医院扩建介入诊疗项目建设址室内（1#~13#点位）周围环境γ辐射剂量率在（57~86）nGy/h 之间，属江苏省建筑物室内γ辐射（空气吸收）剂量率本底水平（50.7～129.4）nGy/h 范围内；室外（14#~19#点位）周围环境γ辐射剂量率为（39~48）nGy/h 之间，属江苏省道路γ辐射（空气吸收）剂量率本底水平（18.1～102.3）nGy/h 范围内。

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

江苏省中医院拟在本部院区南院医技病房综合楼二层 DSA 机房 2 内配备 1 台岛津 BRANSIST alexa 型 DSA（单球管，最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA）；拟在本部院区北院医技楼七层 01ERCP 室内配备 1 台佳能 INFX-9000F 型 DSA（单球管，最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA），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 形臂 X 光机，DSA 由 X 线发生装置（包括 X 射线球管及其附件、高压发生器、X 射线控制器等）和图像检测系统（包括光栅、影像增强管、光学系统、线束支架、检查床、输出系统等）组成。常见 DSA 外观图见图 9-1。

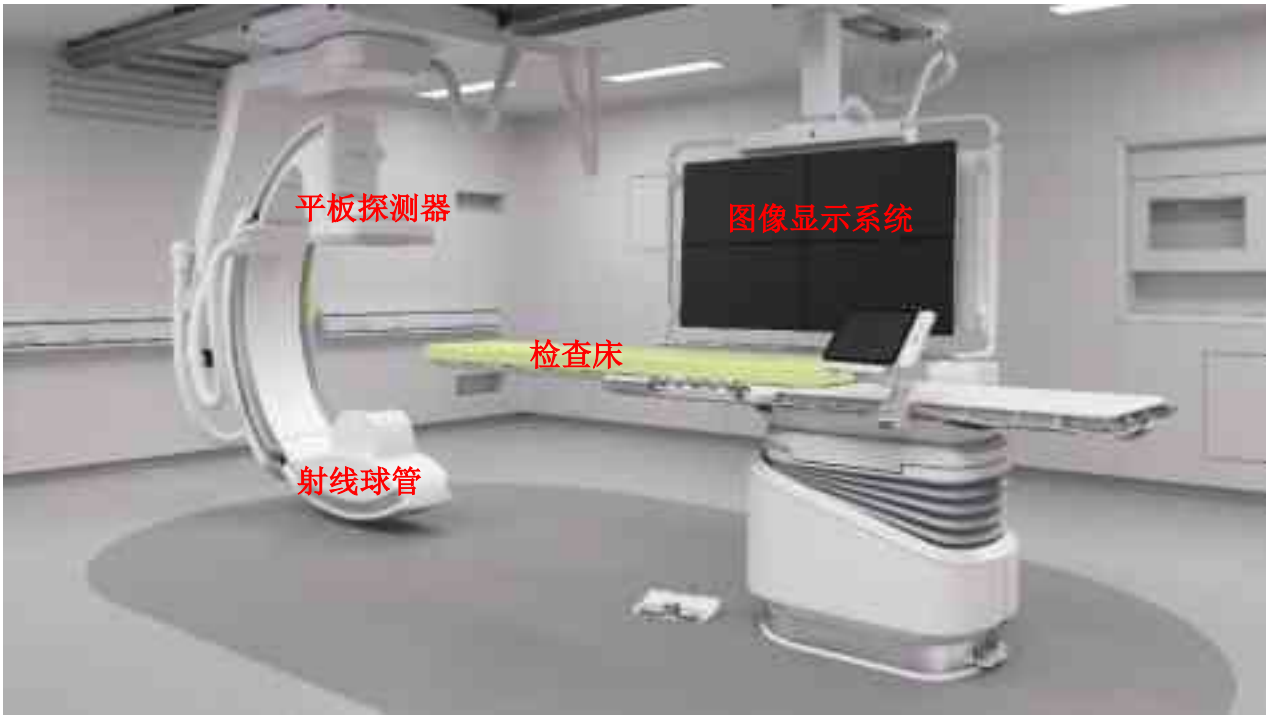


图 9-1 常见 DSA 外观图

本项目配备的 DSA 主要设备技术参数见表 9-1，配套设备配置情况见表 9-2。

表 9-1 本项目 DSA 主要设备技术参数

项目名称	技术参数*	
型号	岛津 BRANSIST alexa 型	佳能 INFX-9000F 型
位置	本部院区南院医技病房综合楼二层 DSA 机房 2	本部院区北院医技楼七层 01ERCP 室
最大管电压	125kV	125kV
最大管电流	1000mA	1000mA
X 射线球管滤过条件	固有滤过 2.5mmAl+附加滤过	固有滤过 2.5mmAl+附加滤过
球管类型	本项目 DSA 为单球管设备，即使旋转机头，其有用线束投射方向仍为由下至上	本项目 DSA 为单球管设备，即使旋转机头，其有用线束投射方向仍为由下至上
距靶 1m 处泄漏射线的空气比释动能率	1mGy/h	1mGy/h
焦皮距	≥45cm	≥45cm
照射野	≤30cm×30cm	≤29cm×29cm

注：本项目 DSA 技术参数由建设单位和供货商提供。根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的要求，除牙科摄影和乳腺摄影用 X 射线设备外，X 射线有用线束中的所有物质形成的等效总滤过，应不小于 2.5mmAl；根据《医用电气设备 第 1-3 部分：基本安全和基本性能的通用要求 并列标准：诊断 X 射线设备的辐射防护》（GB 9706.103-2020）中 12.4 的相应要求，距靶 1m 处的泄漏辐射空气比释动能率为 1.0mGy/h。

表 9-2 本项目每台 DSA 配套设备一览表

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

二、工作原理及工作流程

（一）工作原理

数字减影血管造影技术是常规血管造影术和电子计算机图像处理技术相结合的产物。DSA 是通过电子计算机进行辅助成像的血管造影方法，是应用计算机程序进行两次

成像完成的。在注入造影剂之前，首先进行第一次成像，并用计算机将图像转换成数字信号储存起来。注入造影剂后，再次成像并转换成数字信号。两次数字相减，消除相同的信号，获得一个只有造影剂的血管图像。这种图像较以往所用的常规血管造影所显示的图像更清晰和直观，一些精细的血管结构亦能显示出来。且对比度分辨率高，减去了血管以外的背景，尤其是与骨骼重叠的血管能清楚显示；由于造影剂用量少、浓度低、损伤小、较安全，节省胶片使造影价格低于常规造影。通过医用血管造影 X 射线机处理的图像，使血管的影像更为清晰，在进行介入手术时更为安全。DSA 系统结构图见图 9-2。

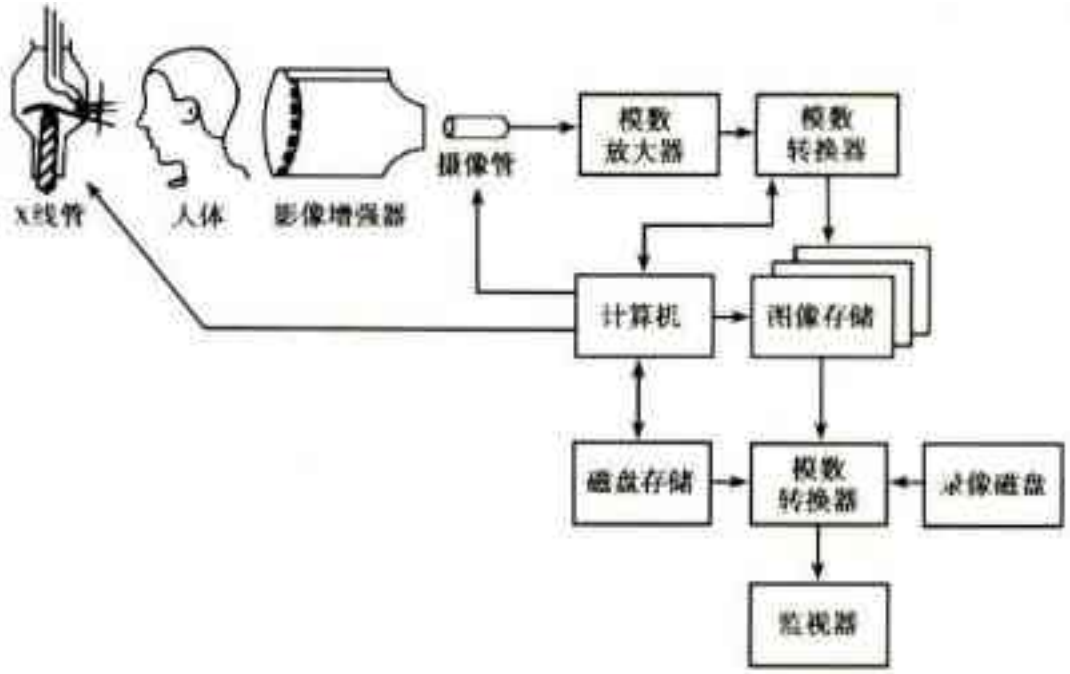


图 9-2 DSA 系统结构图

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

（二）工作流程及产污环节分析

本项目 DSA 在进行曝光时分为两种情况：

1、医疗诊断

DSA 检查（诊断）采用是根据采集的造影部位图像，对患者病变部位进行诊断，以选择合适的治疗方案。具体方式是受检者位于检查床上，医护人员指导患者摆位并调整

X 射线球管、人体、影像接收器三者之间的距离，然后进行出束摄影，获取底片；下一步为患者注射造影剂、出束摄影或透视，获取样片。计算机将样片信号减去底片信号后，得到仅显示造影剂分布的图像，即血管图像。医护人员根据该图像识别、判断患者病变的具体部位、病变程度及类型，以选择合适的治疗方案。

2、介入治疗

介入治疗是医师、护士在 DSA 出束曝光条件下，根据影像引导，为患者实施如血管扩张、清淤、送入支架等治疗操作。具体方式是受检者位于检查床上，医护人员指导患者摆位并调整 X 射线球管、人体、影像接收器三者之间的距离，然后进行出束曝光，获取底片；下一步为患者注射造影剂，再次出束曝光，获取样片。计算机将样片信号减去底片信号后，得到仅显示造影剂分布的图像，即血管图像。介入治疗手术过程中，DSA 间歇多次出束透视，获取手术过程中的动态图像，医护人员根据图像引导完成治疗操作。

DSA 的产污环节分析：

本项目采用先进的数字显影技术，电脑成像，不使用显（定）影液，不产生废显影液、废定影液和废胶片，注入的造影剂不含放射性。设备运行过程中产生的污染物主要为 X 射线、少量臭氧和氮氧化物以及手术过程中产生的医疗废物。扩建介入诊疗项目工作流程及产污环节如图 9-3。

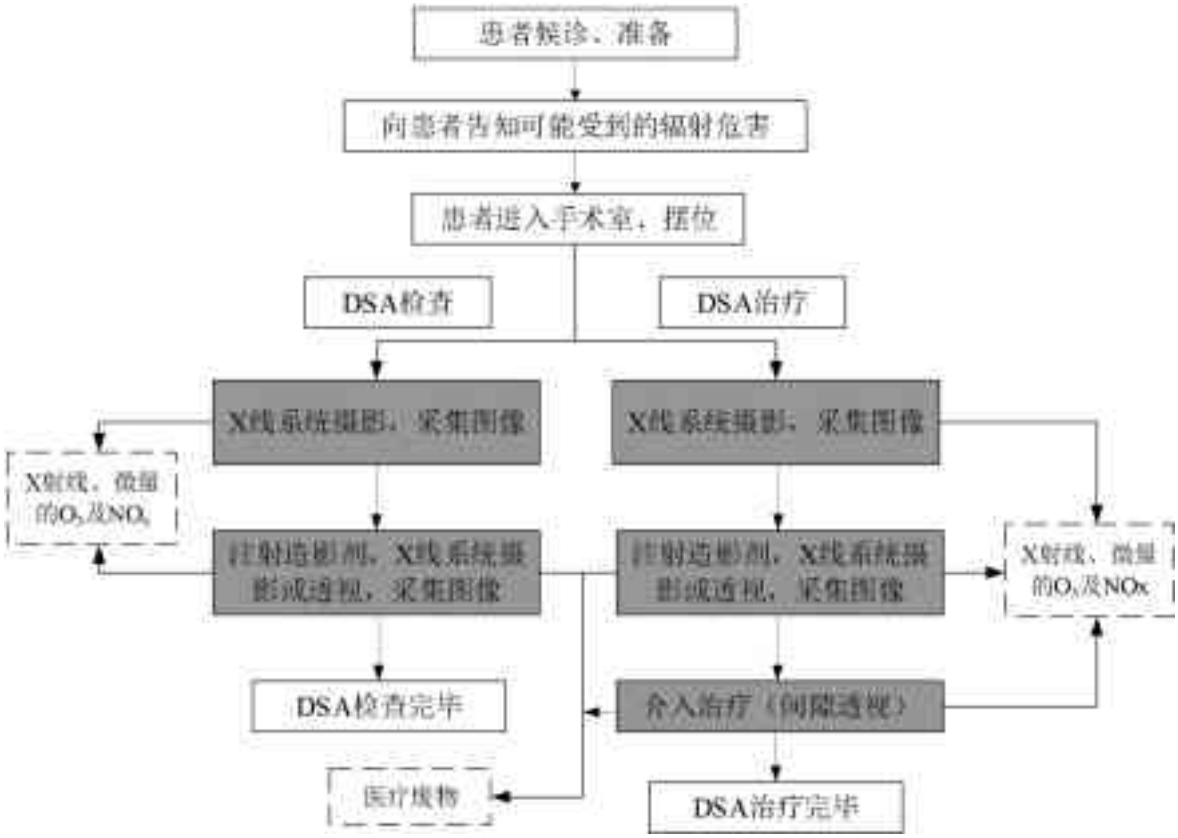


图 9-3 扩建介入诊疗项目工作流程及产污环节示意图

三、原有工艺不足及改进情况

医院现有多台DSA正常运行，本项目DSA设备工艺流程和原有工艺一致，不存在不足及改进情况，本项目的建设可满足医院日益增长的介入诊疗需求。

本项目DSA将沿用医院介入科原有辐射安全管理制度，并纳入射线装置使用登记管理中，医院应结合单位具体情况，完善辐射安全管理制度，针对DSA使其具有较强的针对性和可操作性，将管理制度在日常工作中落实到位。

污染源项描述

一、放射性污染

DSA在工作状态下会发出X射线，配置的岛津BRANSIST alexa型DSA、佳能INFX-9000F型DSA最大管电压均为125kV、最大管电流均为1000mA，其主要用作血管造影检查及配合介入治疗，由于存在影像增强器，从而降低了造影所需的X射线能量，再加上一次血管造影检查需要时间很短，因此血管造影检查的辐射影响较小。而介入放射需要长时间的透视和大量的摄片，对患者和医务人员有一定的附加辐射剂量。

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

（一）有用线束

本项目DSA为单球管设备，即使旋转机头，其有用线束投射方向仍为由下至上，有用线束的射线能量、强度与X射线管靶物质、管电压、管电流有关。DSA具有自动照射量控制调节功能（AEC），摄影时，如果受检者体型偏瘦，功率自动降低，照射量率减小；如果受检者体型较胖，功率自动增强，照射量率增大。为了防止球管烧毁并延长其使用寿命，实际使用时，管电压和管电流通常与设备最大管电压和管电流之间留有一定的裕量。根据医院提供资料，DSA正常运行时，透视模式的工况为（60～80）kV/（5～20）mA，摄影模式的工况为（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过滤材料按照2.5mmAl滤片进行剂量预测，查《辐射防护导论》附图3，本项目正常运行时最大电压为80kV，

离靶 1 米处的发射率约为 5mGy·m^2/mA·min。

（二）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。

（三）泄漏射线

根据国际放射防护委员会第 33 号出版物《医用外照射源的辐射防护》“（77）用于诊断目的的每一个 X 射线管必须封闭在管套内，以使得位于该套管内的 X 射线管在制造厂规定的每个额定值时，离焦点 1m 处所测得的泄漏辐射在空气中的比释动能不超过 1mGy/h”（在距离源 1m 处不超过 100cm^2 的面积上或者在离管或源壳 5cm 处的 10cm^2 面积上进行平均测量），以及《医用电气设备 第 1-3 部分：基本安全和基本性能的通用要求 并列标准：诊断 X 射线设备的辐射防护》（GB 9706.103-2020）中 12.4 的相应要求，取本项目 DSA 离焦点 1m 处的泄漏辐射空气比释动能率为 1.0mGy/h。

工作负荷：根据医院提供的资料，本项目 DSA 的工作负荷情况见表 9-3。

表 9-3（a） 本项目配备的岛津 BRANSIST alexa 型 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
神经介入	200 台	约 15min	约 50h
综合介入	600 台	约 10min	约 100h
小计	/	/	约 150h

（2）摄影

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
神经介入	200 台	0.5~1s	16-50 次	30s	约 1.67h
综合介入	600 台	0.5~1s	2-30 次	30s	约 5h
小计	/	/	/	/	约 6.67h
总计					约 156.67h

表 9-3（b） 本项目配备的佳能 INFX-9000F 型 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
ERCP 介入	610 台	约 18min	约 183h
小计	/	/	约 183h

（2）摄影

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
ERCP 介入	610 台	0.5～1 s	3～8 次	约 10 s	约 1.69h
小计	/	/	/	/	约 1.69h
总计					约 184.69h

江苏省中医院拟从介入医学科现有人员中调用共计 6 名辐射工作人员承担南院医技病房综合楼二层 DSA 机房 2 的辐射工作，其中手术医生 5 人、技师 1 人（名单见表 9-4），拟为南院医技病房综合楼二层 DSA 机房 2 新聘用 2 名护士。根据医院提供的 DSA 工作负荷，DSA 机房 2 内同室操作的辐射工作人员（医生、护士）年接触射线时间不超过 150.0h，技师在控制室进行隔室操作设备，包括透视和摄影，隔室操作时间不超过 151.67h。本项目辐射工作人员年工作 250 天，计划分为 2 组，共同承担本部院区介入医学科 DSA 机房 2 的介入治疗工作，不兼职其他放射工作，则本项目所致辐射工作人员的年受照时间约为 75.8h。

江苏省中医院拟从消化内镜中心为北院医技楼七层 01ERCP 室新聘用 10 名辐射工作人员，其中手术医生 6 人、技师 1 人、护士 3 人。根据医院提供的 DSA 工作负荷，01ERCP 室内同室操作的辐射工作人员（医生、护士）年接触射线时间不超过 183.0h，技师在控制室进行隔室操作设备，包括透视和摄影，隔室操作时间不超过 184.69h。本项目辐射工作人员年工作 250 天，计划分为 3 组，共同承担本部院区消化内镜中心 01ERCP 室的介入治疗工作，不兼职其他放射工作，则本项目所致辐射工作人员的年受照时间约为 61.6h。

表 9-4 本项目介入医学科拟调配的辐射工作人员名单

序号	姓名	性别	岗位	培训合格证书编号	科室
1	邵泽锋	男	医师	FS23JS0102898	介入医学科
2	马坤	男	医师	FS23JS0103164	介入医学科
3	汪有锦	男	医师	FS23JS0103084	介入医学科
4	徐向贤	男	医师	FS23JS0103162	介入医学科
5	李建东	男	医师	FS23JS0102900	介入医学科
6	黄邵怡	男	技师	FS23JS0103065	介入医学科

二、非放射性污染

（一）废气

DSA 在工作状态时，会使机房内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。

（二）废水

主要是工作人员产生的生活污水。

（三）固体废物

DSA 手术过程中产生的棉签、纱布、手套、器具等医疗废物；工作人员产生的生活垃圾。

表 10　辐射安全与防护

项目安全措施

一、工作场所布局及分区

本项目 2 座 DSA 机房分别位于本部院区南院医技病房综合楼二层、本部院区北院医技楼七层，南院医技病房综合楼二层 DSA 机房 2 东侧、南侧为走廊，西侧为 DSA 机房 1，北侧为设备间和控制室，下方为员工餐厅，上方为水处理间和检验科临检检测区；北院医技楼七层 01ERCP 室东侧、南侧为走廊，西侧为楼梯间，北侧为治疗室和控制室，下方为模拟示教培训室和走廊，上方无建筑。

本项目 2 台 DSA 均配套独立用房，房间由射线装置机房和控制室组成。DSA 机房控制室与诊断机房分开单独布置，区域划分明确，项目布局合理。

本项目将本部院区南院医技病房综合楼二层 DSA 机房 2、北院医技楼七层 01ERCP 室作为辐射防护控制区，在机房入口处粘贴有电离辐射警告标志；将与 DSA 机房相邻的控制室、设备间和走廊划为监督区，在监督区入口处的适当地点设立表明监督区的标牌。本项目辐射防护分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定。江苏省中医院本部院区南院医技病房综合楼二层DSA机房2平面布置及分区见附图3，北院医技楼七层01ERCP室平面布置及分区见附图6。

二、辐射防护屏蔽设计

本项目本部院区南院医技病房综合楼二层 DSA 机房 2 东西长 7.80m，南北长 5.80m，有效使用面积为 45.2m^2；北院医技楼七层 01ERCP 室东西长 6.70m，南北长 5.35m，有效使用面积为 35.8m^2，具体屏蔽设计参数见表 10-1。

表 10-1 DSA 机房屏蔽设计一览表

工作场所名称	屏蔽体	主要屏蔽材料及厚度
本部院区南院 医技病房综合楼二层 DSA 机房 2	四侧墙体	钢筋龙骨+3mm 铅板
	顶部	210mm 混凝土+30mm 硫酸钡涂料
	底部	210mm 混凝土+30mm 硫酸钡涂料
	防护门	3mm 铅板

	观察窗	3mm 铅当量铅玻璃
本部院区北院医技楼七层 01ERCP 室	四侧墙体	240mm 实心砖+30mm 硫酸钡涂料
	顶部	210mm 混凝土+30mm 硫酸钡涂料
	底部	210mm 混凝土+30mm 硫酸钡涂料
	防护门	3mm 铅板
	观察窗	3mm 铅当量铅玻璃

注：2 座 DSA 机房顶部的硫酸钡涂料于上层地面铺设。实心砖密度为 1.65g/cm^3，混凝土密度为 2.35g/cm^3，硫酸钡涂料密度为 3.6g/cm^3，铅密度为 11.3g/cm^3。

本项目 DSA 机房 2、01ERCP 室电缆线布设拟采用电缆沟，通排风管道穿墙方式均拟为直穿式，为防止 X 射线泄漏，电缆孔处均拟设置 3mm 铅板进行防护（接口处四周包封），通风及排风管道口均拟设置 3mm 铅板进行防护（接口处进行包裹）。

三、辐射安全和防护措施

（一）电离辐射警告标志

医院拟在 DSA 机房 2、01ERCP 室入口处设置有“当心电离辐射”警告标志和中文警示说明。

（二）门灯联动

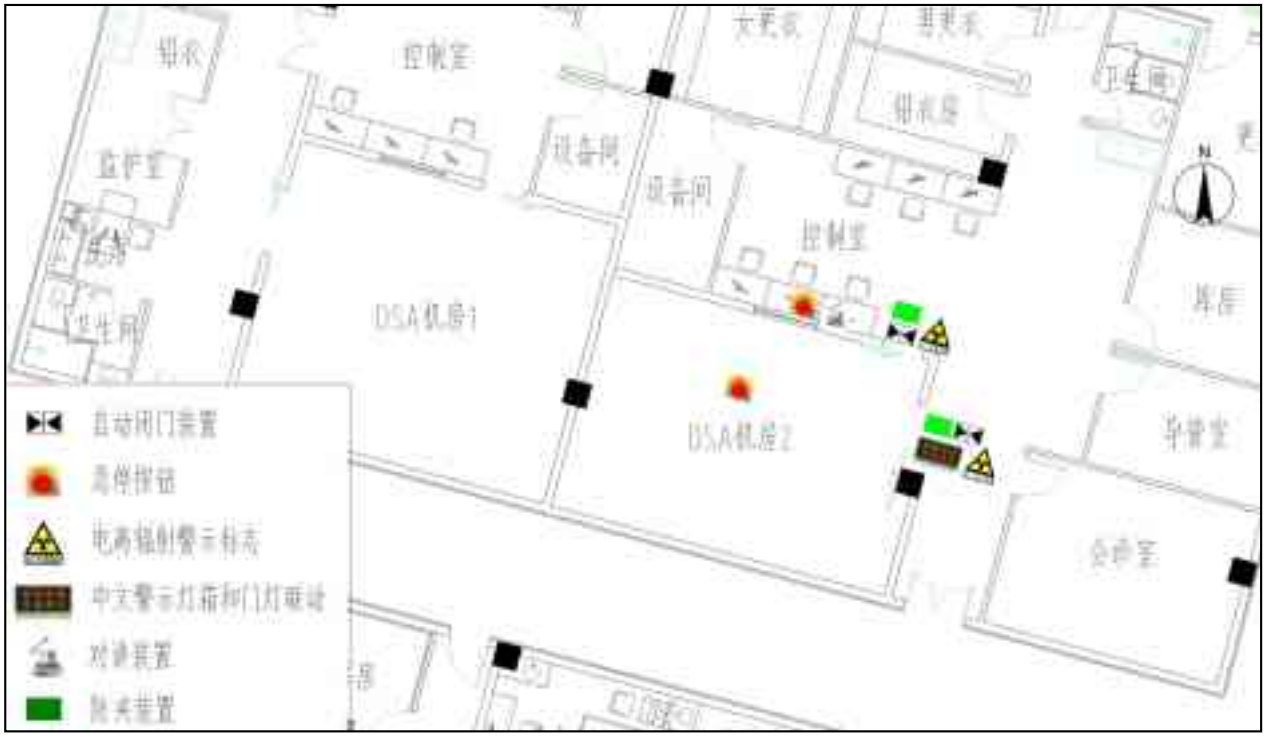
本项目 DSA 机房 2、01ERCP 室防护门均拟采用电动推拉式机房门，拟设有防夹装置和曝光时关闭机房门的管理措施，防护门上方拟设置工作状态指示灯，灯箱上设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句，且工作状态指示灯和与机房相通的门能有效联动，防护门关闭的情况下，工作状态指示灯才亮。

（三）急停按钮

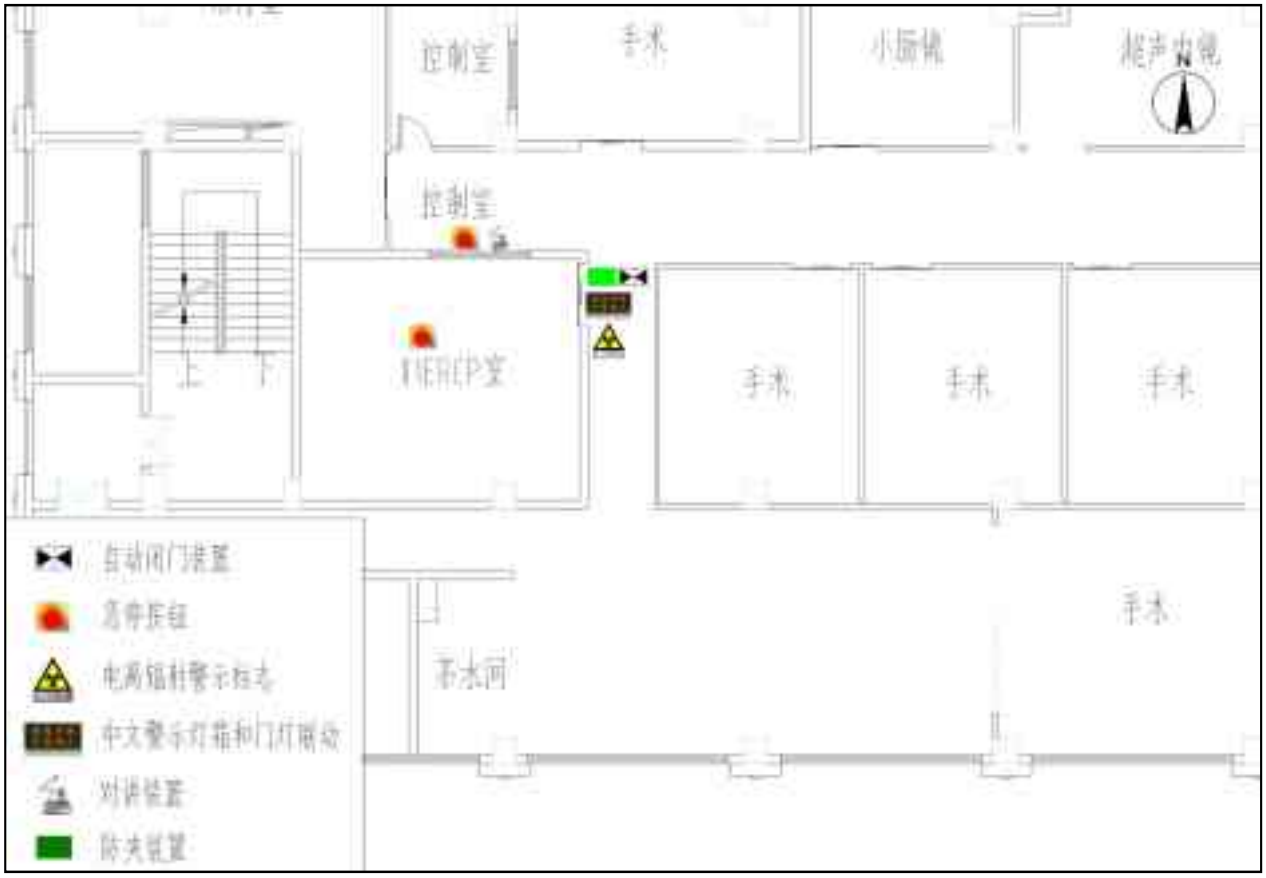
医院拟在 DSA 机房 2、01ERCP 室控制室设置 1 个急停按钮，机房内的治疗床边操作面板自带 1 个急停按钮，各按钮分别与 X 射线系统连接，在出现紧急情况下，按下急停按钮，即可停止 X 射线系统出束。

（四）观察窗或摄像监控装置和对讲装置

医院拟在DSA机房2、01ERCP室控制室墙体上设置有观察窗，可有效观察到患者和受检者状态防护门开闭情况。DSA机房2、01ERCP室控制室内拟设置对讲装置，方便机房外工作人员与患者交流。



（a）DSA机房2



（b）01ERCP室

图10-2 本项目2座DSA机房主要安全设施位置示意图

（五）防护用品

医院拟为本项目工作人员配备的辐射防护装置及个人防护用品主要有铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套、剂量报警仪、个人剂量计等，医院拟

购置的各类防护用品除介入防护手套防护能力为0.025mm铅当量外，其余防护用品防护能力均为0.5mm铅当量。本项目DSA设备自带铅防护吊帘、床侧防护帘等辅助防护设施，其防护能力均不低于0.5mm铅当量。

（六）人员监护

医院拟为本项目配备18名辐射工作人员，应为辐射工作人员配备个人剂量计，采用双剂量计监测方法，定期送检且需做好个人剂量档案管理工作。该医院应开展辐射工作人员的职业健康监护，定期安排其在有相应资质医院体检，建立个人剂量档案。

（七）规章制度

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

（八）其他辐射安全措施

介入治疗需要长时间的透视和大量的摄片，对患者和医务人员来说辐射剂量较高，因此在评估介入治疗的效应和操作时，其辐射损伤必须要加以考虑。由于需要医务人员在机房内，X射线球管工作时产生的散射线对医务人员有较大影响，根据辐射防护“三原则”，医院还应在以下方面加强对介入治疗的防护工作：

1、操作中减少透视时间和减少照相的次数可以显著降低工作人员的辐射剂量，介入人员在操作时应尽量远离检查床。

2、一般说来，降低患者剂量的措施可以同时降低工作人员的辐射剂量，应加强对介入人员的培训，包括放射防护的培训，参与介入的人员应该技术熟练、动作迅速，以减少患者和介入人员的剂量。

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

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

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

6、加强DSA设备的质量保证工作，设备的球管与发生器、透视和数字成像的性

能以及其他相关设备应该定期进行检测。

7、临床介入手术时，介入医生需站在DSA床边操作，仅依赖于医务人员身着铅橡胶围裙、机器自带的铅防护吊帘等防护设备被动防护。一般来说，床下和床侧球管对医务人员的辐射剂量，由头、颈、胸至腹部呈现剂量逐渐上升的趋势，故操作人员除个人防护用品（铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜及介入防护手套等）外，应着重考虑X射线机操作侧的屏蔽，该屏蔽要做到既不影响操作者的操作，又能达到防护目的，且能消毒。本项目DSA设备自带床侧防护帘、铅防护吊帘及铅悬挂防护屏，以上组合屏蔽防护措施的设置，能够有效降低介入手术医务人员的吸收剂量。

本次扩建DSA诊疗项目工作场所划分控制区和监督区，实施分区管理，布局基本合理，相关防护安全设施、污染防治措施等符合《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》（GBZ 130-2020）的标准要求。

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，开展放射诊疗的单位应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。

表10-2 个人防护用品和辅助防护设置配置符合性

项目		拟采取措施	备注
扩建介入诊疗项目	安全措施	拟设置观察窗或摄像监控装置和对讲装置。	设置后满足要求
		DSA机房门外表面拟设置电离辐射警告标志，拟设置工作状态指示灯和门灯联动装置。	
	个人防护	辐射工作人员需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。	按要求考核
		已配备1台辐射巡测仪，拟为本项目配备个人剂量报警仪4台。	按要求配备、送检，并确保正常运行
		辐射工作人员均需佩戴个人剂量计，开展个人剂量监测。	按要求佩戴并送检
		拟为辐射工作人员配备铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜（为0.5mm铅当量）及介入防护手套（为0.025mm铅当量）等个人防护用品；拟为受检者配备铅橡胶围裙、铅橡胶颈套（为0.5mm铅当量）等个人防护用品	按需配备

江苏省中医院已配备有辐射巡测仪1台，为本项目配备个人剂量报警仪4台。医院拟为辐射工作人员配备铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜（为0.5mm铅当量）

及介入防护手套（为0.025mm铅当量）等个人防护用品。辐射工作人员工作时将佩戴个人剂量计，开展DSA介入诊疗的辐射工作人员采用双剂量计监测方法，以监测累积受照情况。医院拟定期组织辐射工作人员进行健康体检，并将按相关要求建立辐射工作人员个人剂量监测档案和职业健康监护档案。

三废的治理

一、废气

DSA在工作状态时，会使机房内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，少量臭氧和氮氧化物可通过通风系统排至室外，臭氧在常温下约50分钟可自行分解为氧气，这部分废气对周围环境影响较小。

本项目2座DSA机房拟采用机械通风装置进行通风换气，排风口拟设置在机房吊顶处，并保持良好的通风。

二、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站，处理达标后排入城市污水管网，对周围环境影响较小。

三、固体废物

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，由医院统一委托有资质单位进行处置；工作人员产生的生活垃圾，分类收集后，将交由城市环卫部门处理，对周围环境影响较小。

表 11　环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本次扩建介入诊疗项目机房及工作场所建设属于本部院区南院医技病房综合楼、北院医技楼的部分工程，建设时将进行墙体隔断、辐射防护工程施工与内饰装潢，将产生施工噪声、扬尘和建筑垃圾污染，建设施工时对环境会产生如下影响：

一、大气

本项目在建设施工期需进行的墙体隔断、辐射防护工程施工等作业，各种施工将产生地面扬尘，另外机械作业时排放废气和扬尘，但这些方面的影响仅局限在施工现场附近区域。针对上述大气污染采取以下措施：及时清扫施工场地，设立围挡，并保持施工场地一定的湿度。

二、噪声

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

三、固体废物

项目施工期间，会产生一定量以建筑垃圾为主的固体废弃物，委托有资质单位进行清运，并做好清运工作中的装载工作，防止建筑垃圾在运输途中散落。

四、废水

项目施工期间，有一定量含有泥浆的建筑废水产生，对这些废水进行初级沉淀处理，并经隔渣后排放。

建设单位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院区内局部区域，对周围环境影响较小。

运行阶段对环境的影响

一、辐射环境影响分析

（一）DSA 机房的屏蔽防护铅当量厚度与标准要求的相符性分析评价

1、评价标准

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

2、本项目 DSA 机房各屏蔽部位的铅当量厚度核算

本项目 2 台 DSA 均为单球管设备，其有用线束投射方向为由下至上，即使旋转机头，向上的散射线和漏射线的辐射影响要小于主束向上的影响，所以本项目将 DSA 机房顶部作为有用线束投射方向。由表 10-1 可知，本项目 DSA 机房使用的屏蔽材料除铅以外，还涉及顶面（有用线束投射方向）的混凝土、硫酸钡涂料，机房四侧（非有用线束投射方向）和地面的实心砖、硫酸钡涂料、铅玻璃及混凝土。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。

（1）混凝土、实心砖、硫酸钡涂料的等效铅当量厚度核算

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

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

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、实心砖）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—铅对相应管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

X—铅厚度。

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

表 11-1 不同管电压工况下 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数

管电压	屏蔽材料	α	β	γ	备注
125kV（主束）	铅	2.219	7.923	0.5386	额定最大管电压
	混凝土	0.03502	0.07113	0.6974	
	实心砖	0.02870	0.06700	1.346	
80kV（主束）	铅	4.040	21.69	0.7187	常用最大管电压
70kV（散射）	铅	5.369	23.49	0.5883	

本项目机房屏蔽部位涉及的 210mm 混凝土+30mm 硫酸钡涂料、240mm 实心砖+30mm 硫酸钡涂料，分别按公式 11-2、公式 11-1 计算其屏蔽透射因子 B、铅当量厚度 X，计算结果列于表 11-2。

表 11-2 屏蔽透射因子 B、铅当量厚度 X 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（主束）	210mm 混凝土+30mm 硫酸钡涂料	2.61E-05	3.49
	240mm 实心砖+30mm 硫酸钡涂料	6.37E-05	3.10

（2）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 DSA 机房屏蔽体等效铅当量厚度核算及其与标准要求对比

工作场所	参数	设计厚度	125kV 等效铅当量	屏蔽要求 [1)]	评价
本部院区南院医技病房综合楼二层 DSA 机房 2	墙体 [2)]	钢筋龙骨+3mm 铅板	3mm	介入 X 射线设备机房屏蔽防护铅当量厚度要求：有用线束方向铅当量 2.0mm，非有用线束方向铅当量 2.0mm。	满足
	防护门 [2)]	3mm 铅板	3mm		满足
	观察窗 [2)]	3mm 铅当量铅玻璃	3mm		满足
	顶面 [3)]	210mm 混凝土+30mm 硫酸钡涂料	3.49mm		满足
	地面 [2)]	210mm 混凝土+30mm 硫酸钡涂料	3.49mm		满足

	面积	东西长 7.80m，南北长 5.80m，有效使用面积为 45.2m²，层高 3.99m。		单管头 X 射线设备机房内最小有效新建面积不小于 20m²，单边长度不小于 3.5m。	满足
本部院区北院医技楼七层 01ERCP 室	墙体 2)	200mm 实心砖+2mm 铅当量硫酸钡涂料	3.10mm	介入 X 射线设备机房屏蔽防护铅当量厚度要求：有用线束方向铅当量 2.0mm，非有用线束方向铅当量 2.0mm。	满足
	防护门 2)	3mm 铅板	3mm		满足
	观察窗 2)	3mm 铅当量铅玻璃	3mm		满足
	顶面 3)	210mm 混凝土+30mm 硫酸钡涂料	3.49mm		满足
	地面 2)	210mm 混凝土+30mm 硫酸钡涂料	3.49mm		满足
	面积	东西长 6.70m，南北长 5.35m，有效使用面积为 35.8m²，层高 3.09m。		单管头 X 射线设备机房内最小有效新建面积不小于 20m²，单边长度不小于 3.5m。	满足

注：1、屏蔽要求引自《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）表 3；
2、为非有用线束方向；
3、为有用线束方向。

由表 11-3 可知，本项目 2 座 DSA 机房在额定最大管电压为 125kV 工况下屏蔽防护措施均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中 C 形臂 X 射线设备机房的相关要求，即：屏蔽铅当量不少于 2mm。本项目 2 座 DSA 机房的有效使用面积、最小单边长度均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中单管头 X 射线设备机房的相关要求，即：有效使用面积不少于 20m²，最小单边长度不少于 3.5m。由此可推断本项目 2 座 DSA 机房的辐射屏蔽防护满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中“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”的要求。

（二）DSA 机房的辐射影响预测

为了进一步评价屏蔽效果辐射防护效果，采用理论预测的方法进行影响分析。本项目 DSA 设备主射线方向向上，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 的辐射影响情况见表 11-4。

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
摄影模式	80kV/500mA	机房外公众、控制室操作人员
透视模式	80kV/20mA	机房外公众、控制室操作人员； 机房内介入治疗操作人员

于本部院区南院医技病房综合楼二层 DSA 机房 2 周围共布设 9 个预测点，选取如下：

1#-东侧防护门外 30cm 处；

2#-东侧屏蔽墙外 30cm 处，走廊；

3#-南侧屏蔽墙外 30cm 处，走廊；

4#-西侧屏蔽墙外 30cm 处，DSA 机房 1；

5#-北侧屏蔽墙外 30cm 处，设备间；

6#-北侧观察窗外 30cm 处，控制室；

7#-北侧防护门外 30cm 处；

8#-下方，员工餐厅；

9#-上方，水处理间/检验科临检检测区。

预测点布设见图 11-1 所示。

于本部院区北院医技楼七层 01ERCP 室周围共布设 8 个预测点，选取如下：

1#-东侧防护门外 30cm 处；

2#-东侧屏蔽墙外 30cm 处，走廊；

3#-南侧屏蔽墙外 30cm 处，走廊；

4#-西侧屏蔽墙外 30cm 处，楼梯间；

5#-北侧屏蔽墙外 30cm 处，治疗室；

6#-北侧观察窗外 30cm 处，控制室；

7#-下方，模拟示教培训室；

8#-上方，屋面。

预测点布设见图 11-2 所示。

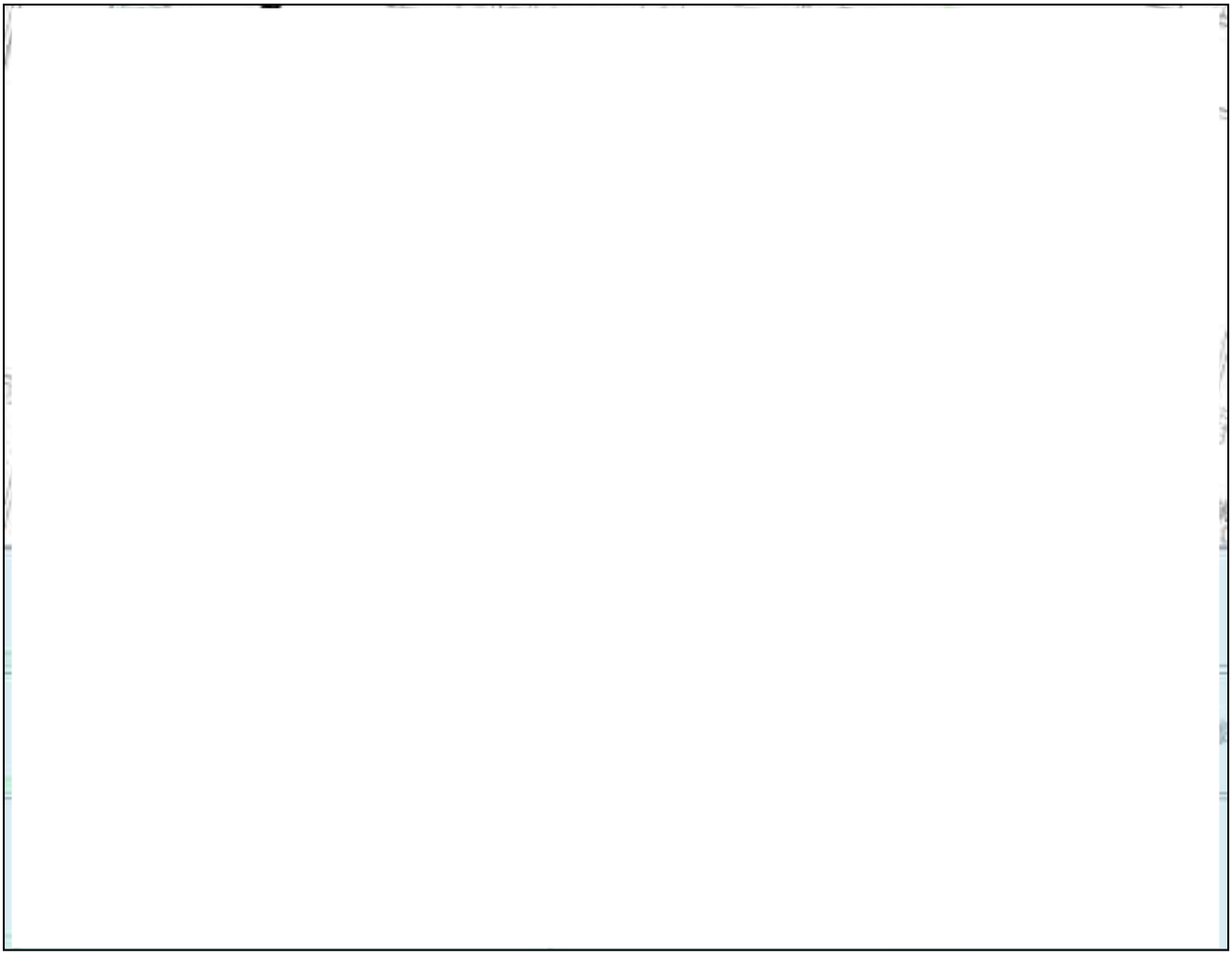


图 11-1 本部院区南院医技病房综合楼二层 DSA 机房 2 预测点布设示意图

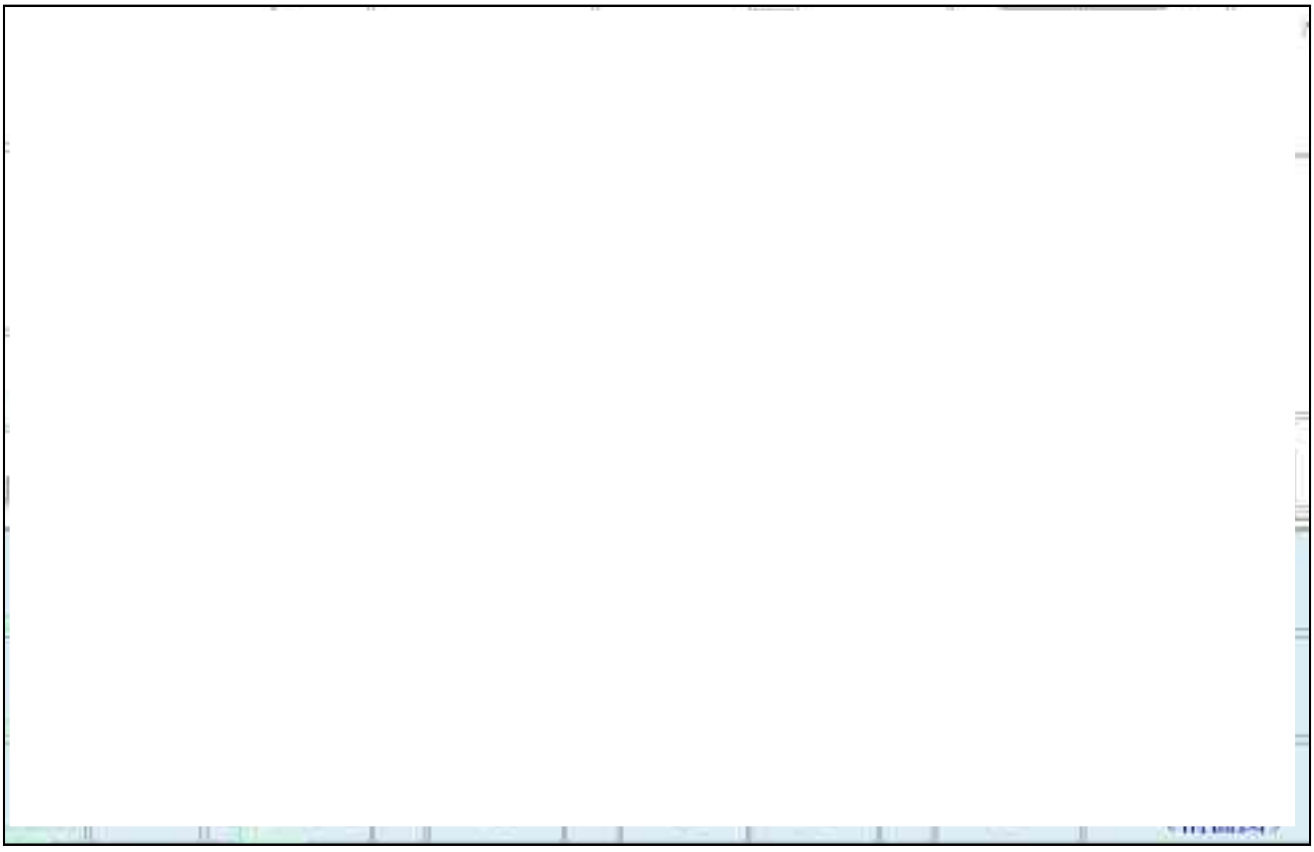


图 11-2 本部院区北院医技楼七层 01ERCP 室预测点布设示意图

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有效剂量率 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），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：

$$H_s = \frac{H_0 \cdot I \cdot a \cdot (s/400) \cdot B_s}{d_0^2 \cdot d_s^2} \cdot K \qquad \text{公式 11-3}$$

式中：H_s—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），$mGy \cdot m^2 \cdot mA^{-1} \cdot min^{-1}$，本项目取 $5mGy \cdot m^2 \cdot mA^{-1} \cdot min^{-1}$，即 $300000\mu Gy \cdot m^2 \cdot mA^{-1} \cdot h^{-1}$；

I—管电流，mA；本项目透视、摄影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。本项目常用最大管电压为 80kV，对于散射线向机房四侧墙体投射的情况，从《辐射防护手册（第一分册）》表 10.1 中采用内插法查取散射角 90º时 80kV 对应的 a 值为 0.0008（该取值适用于机房四侧关注点相应预测计算）；对于散射线向机房地面投射的情况，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（该取值适用于机房地面关注点相应预测计算）；对于散射线向机房顶面投射的情况，因《辐射防护手册（第一分册）》表 10.1 中无散射角 0º的数据，表中所列散射角中以 30º最接近 0º，故从该表中散射角为 0º、管电压为 70kV、100kV 对应的 a 值采用内插法求取 80kV 对应的 a 值为 0.0009（该取值适用于机房顶面关注点相应预测计算）；

S—主束在受照人体上的散射面积，考虑手术需要的最大照射面积约为 16cm×16cm，本项目取 $256cm^2$；

d_0—源至受照点的距离，根据设备参数确定，本项目球管的 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 11-2。此处散射线是指本项目常用最大管电压（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-cosθ）/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。再将机房屏蔽体和介入操作人员防护用屏蔽物的铅当量厚度、表 11-1 中α、β、γ值代入公式 11-2，计算相应的散射辐射屏蔽透射因子值；

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）附录表 G.2，按前述 90º方向一次散射线能量对应的 kV 值为 70kV，K 值取 1.60。

将前述有关参数代入公式 11-3，计算 DSA 常用最大工况（管电压 80kV）运行时透视模式、摄影模式下 2 座 DSA 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 11-5。

表 11-5（a） 本部院区南院医技病房综合楼二层 DSA 机房 2 关注点处散射辐射剂量率计算结果

关注点位置	操作模式	H_0（μGy·m²/（mA·h））	I（mA）	X（mm）	B_s	d_0（m）	d_s（m）	H_s（μSv/h）
1#-东侧防护门外 30cm 处	透视模式	300000	20	3	5.80E-09	0.45	4.510	6.92E-06
	摄影模式		500					1.73E-04
2#-东侧屏蔽墙外 30cm 处（走廊）	透视模式	300000	20	3	5.80E-09	0.45	4.840	6.01E-06
	摄影模式		500					1.50E-04
3#-南侧屏蔽墙外 30cm 处（走廊）	透视模式	300000	20	3	5.80E-09	0.45	3.510	1.14E-05
	摄影模式		500					2.86E-04
4#-西侧屏蔽墙外 30cm 处（DSA 机房 1）	透视模式	300000	20	3	5.80E-09	0.45	4.590	6.68E-06
	摄影模式		500					1.67E-04
5#-北侧屏蔽墙外	透视模式	300000	20	3	5.80E-09	0.45	4.640	6.54E-06

30cm 处（设备间）		摄影模式		500					1.63E-04
6#-北侧观察窗外 30cm 处（控制室）		透视模式	300000	20	3	5.80E-09	0.45	3.340	1.26E-05
		摄影模式		500					3.15E-04
7#-北侧防护门外 30cm 处		透视模式	300000	20	3	5.80E-09	0.45	4.860	5.96E-06
		摄影模式		500					1.49E-04
8#-下方（员工餐厅）		透视模式	300000	20	3.49	4.18E-10	0.45	4.000	1.02E-06
		摄影模式		500					2.56E-05
9#-上方（水处理间/检验科临检检测区）		透视模式	300000	20	3.49	4.18E-10	0.45	4.700	6.31E-07
		摄影模式		500					1.58E-05
第一术者	铅衣内	透视模式	300000	20	1	2.84E-04	0.45	0.5	27.54
	铅衣外	透视模式		20	0.5	5.35E-03	0.45	0.5	519.2
第二术者	铅衣内	透视模式	300000	20	1	2.84E-04	0.45	1.0	6.88
	铅衣外	透视模式		20	0.5	5.35E-03	0.45	1.0	129.8

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

表 11-5（b） 本部院区北院医技楼七层 01ERCP 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）	X（mm）	B_s	d_0（m）	d_s（m）	H_s（μSv/h）
1#-东侧防护门外 30cm 处	透视模式	300000	20	3	5.80E-09	0.45	4.350	7.44E-06
	摄影模式		500					1.86E-04
2#-东侧屏蔽墙外 30cm 处（走廊）	透视模式	300000	20	3.1	3.39E-09	0.45	3.850	5.55E-06
	摄影模式		500					1.39E-04
3#-南侧屏蔽墙外 30cm 处（走廊）	透视模式	300000	20	3.1	3.39E-09	0.45	3.380	7.20E-06
	摄影模式		500					1.80E-04
4#-西侧屏蔽墙外 30cm 处（楼梯间）	透视模式	300000	20	3.1	3.39E-09	0.45	3.850	5.55E-06
	摄影模式		500					1.39E-04
5#-北侧屏蔽墙外	透视模式	300000	20	3.1	3.39E-09	0.45	4.230	4.60E-06

30cm 处（治疗室）		摄影模式		500					1.15E-04
6#-北侧观察窗外 30cm 处（控制室）		透视模式	300000	20	3	5.80E-09	0.45	3.380	1.23E-05
		摄影模式		500					3.08E-04
7#-下方（模拟示教培训室）		透视模式	300000	20	3.49	4.18E-10	0.45	2.100	3.12E-06
		摄影模式		500					7.79E-05
8#-上方（屋面）		透视模式	300000	20	3.49	4.18E-10	0.45	3.800	1.02E-06
		摄影模式		500					2.54E-05
第一术者	铅衣内	透视模式	300000	20	1	2.84E-04	0.45	0.5	27.54
	铅衣外	透视模式		20	0.5	5.35E-03	0.45	0.5	519.2
第二术者	铅衣内	透视模式	300000	20	1	2.84E-04	0.45	1.0	6.88
	铅衣外	透视模式		20	0.5	5.35E-03	0.45	1.0	129.8

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

2、关注点处泄漏辐射剂量率计算

泄漏辐射剂量率 H_L 采用下式计算：

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

式中：H_L—关注点处泄漏辐射有效剂量率，μSv/h；

H_i—距靶 1m 处泄漏射线的空气比释动能率，mGy/h。本项目 1m 处泄漏射线的空气比释动能率取 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 常用最大工况管电压（80kV）对应下 2 座 DSA 机房屏蔽体及介入操作人员防护用屏蔽物的泄漏射线屏蔽透射因子见表 11-6；

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）附录表 G.2，对于本项目 DSA 运行时常用最大管电压 80kV，K 值取 1.67。

将有关参数代入公式 11-4，计算 DSA 常用最大工况（管电压 80kV）运行时透视模式、摄影模式下 2 座 DSA 机房外公众、控制室操作人员、机房内介入操作人员处泄

漏辐射剂量率，计算结果见表 11-6。

表 11-6（a） 本部院区南院医技病房综合楼二层 DSA 机房 2 关注点处漏辐射剂量率计算结果

关注点位置		H_i（mGy/h）	X（mm）	r（m）	B	H_L（μSv/h）
1#-东侧防护门外 30cm 处		1	3	4.510	4.15E-07	3.40E-05
2#-东侧屏蔽墙外 30cm 处（走廊）		1	3	4.840	4.15E-07	2.96E-05
3#-南侧屏蔽墙外 30cm 处（走廊）		1	3	3.510	4.15E-07	5.62E-05
4#-西侧屏蔽墙外 30cm 处（DSA 机房 1）		1	3	4.590	4.15E-07	3.29E-05
5#-北侧屏蔽墙外 30cm 处（设备间）		1	3	4.640	4.15E-07	3.22E-05
6#-北侧观察窗外 30cm 处（控制室）		1	3	3.340	4.15E-07	6.21E-05
7#-北侧防护门外 30cm 处		1	3	4.860	4.15E-07	2.93E-05
8#-下方（员工餐厅）		1	3.49	4.000	5.73E-08	5.98E-06
9#-上方（水处理间/检验科临检检测区）		1	3.49	4.700	5.73E-08	4.33E-06
第一术者	铅衣内	1	1	0.5	1.43E-03	9.55
	铅衣外	1	0.5	0.5	1.37E-02	91.54
第二术者	铅衣内	1	1	1.0	1.43E-03	2.39
	铅衣外	1	0.5	1.0	1.37E-02	22.88

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

表 11-6（b） 本部院区北院医技楼七层 01ERCP 室关注点处漏辐射剂量率计算结果

关注点位置	H_i（mGy/h）	X（mm）	r（m）	B	H_L（μSv/h）
1#-东侧防护门外 30cm 处	1	3	4.350	4.15E-07	3.66E-05
2#-东侧屏蔽墙外 30cm 处（走廊）	1	3.1	3.850	2.77E-07	3.12E-05
3#-南侧屏蔽墙外 30cm 处（走廊）	1	3.1	3.380	2.77E-07	4.05E-05
4#-西侧屏蔽墙外 30cm 处（楼梯间）	1	3.1	3.850	2.77E-07	3.12E-05
5#-北侧屏蔽墙外 30cm 处（治疗室）	1	3.1	4.230	2.77E-07	2.58E-05
6#-北侧观察窗外 30cm 处（控制室）	1	3	3.380	4.15E-07	6.06E-05

7#-下方（模拟示教培训室）		1	3.49	2.100	5.73E-08	2.17E-05
8#-上方（屋面）		1	3.49	3.800	5.73E-08	6.62E-06
第一术者	铅衣内	1	1	0.5	1.43E-03	9.55
	铅衣外	1	0.5	0.5	1.37E-02	91.54
第二术者	铅衣内	1	1	1.0	1.43E-03	2.39
	铅衣外	1	0.5	1.0	1.37E-02	22.88

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

3、关注点处预测计算结果汇总

综上所述，2 座 DSA 机房关注点处的辐射剂量率理论预测结果汇总见表 11-7。

表 11-7（a） 本部院区南院医技病房综合楼二层 DSA 机房 2 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）			
		有用线束	散射线	漏射线	合计
1#-东侧防护门外 30cm 处	透视模式	/	6.92E-06	3.40E-05	4.10E-05
	摄影模式	/	1.73E-04		2.07E-04
2#-东侧屏蔽墙外 30cm 处（走廊）	透视模式	/	6.01E-06	2.96E-05	3.56E-05
	摄影模式	/	1.50E-04		1.80E-04
3#-南侧屏蔽墙外 30cm 处（走廊）	透视模式	/	1.14E-05	5.62E-05	6.76E-05
	摄影模式	/	2.86E-04		3.42E-04
4#-西侧屏蔽墙外 30cm 处（DSA 机房 1）	透视模式	/	6.68E-06	3.29E-05	3.95E-05
	摄影模式	/	1.67E-04		2.00E-04
5#-北侧屏蔽墙外 30cm 处（设备间）	透视模式	/	6.54E-06	3.22E-05	3.87E-05
	摄影模式	/	1.63E-04		1.96E-04
6#-北侧观察窗外 30cm 处（控制室）	透视模式	/	1.26E-05	6.21E-05	7.47E-05
	摄影模式	/	3.15E-04		3.78E-04
7#-北侧防护门外 30cm 处	透视模式	/	5.96E-06	2.93E-05	3.53E-05

		摄影模式	/	1.49E-04		1.78E-04
8#-下方（员工餐厅）		透视模式	/	1.02E-06	5.98E-06	7.00E-06
		摄影模式	/	2.56E-05		3.16E-05
9#-上方（水处理间/检验科临检检测区）		透视模式	/	6.31E-07	4.33E-06	4.96E-06
		摄影模式	/	1.58E-05		2.01E-05
第一术者	铅衣内	透视模式	/	27.54	9.55	37.09
	铅衣外	透视模式	/	519.2	91.54	610.7
第二术者	铅衣内	透视模式	/	6.88	2.39	9.27
	铅衣外	透视模式	/	129.8	22.88	152.7

表 11-7（b） 本部院区北院医技楼七层 01ERCP 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）			
		有用线束	散射线	漏射线	合计
1#-东侧防护门外 30cm 处	透视模式	/	7.44E-06	3.66E-05	4.40E-05
	摄影模式	/	1.86E-04		2.23E-04
2#-东侧屏蔽墙外 30cm 处（走廊）	透视模式	/	5.55E-06	3.12E-05	3.67E-05
	摄影模式	/	1.39E-04		1.70E-04
3#-南侧屏蔽墙外 30cm 处（走廊）	透视模式	/	7.20E-06	4.05E-05	4.77E-05
	摄影模式	/	1.80E-04		2.21E-04
4#-西侧屏蔽墙外 30cm 处（楼梯间）	透视模式	/	5.55E-06	3.12E-05	3.67E-05
	摄影模式	/	1.39E-04		1.70E-04
5#-北侧屏蔽墙外 30cm 处（治疗室）	透视模式	/	4.60E-06	2.58E-05	3.04E-05
	摄影模式	/	1.15E-04		1.41E-04
6#-北侧观察窗外 30cm 处（控制室）	透视模式	/	1.23E-05	6.06E-05	7.29E-05
	摄影模式	/	3.08E-04		3.69E-04
7#-下方（模拟示教培训室）	透视模式	/	3.12E-06	2.17E-05	2.48E-05
	摄影模式	/	7.79E-05		9.96E-05

8#-上方（屋面）		透视模式	/	1.02E-06	6.62E-06	7.64E-06
		摄影模式	/	2.54E-05		3.20E-05
第一术者	铅衣内	透视模式	/	27.54	9.55	37.09
	铅衣外	透视模式	/	519.2	91.54	610.7
第二术者	铅衣内	透视模式	/	6.88	2.39	9.27
	铅衣外	透视模式	/	129.8	22.88	152.7

由表 11-7 结果分析知，在常用最大工况下，摄影模式的非有用线束在 DSA 机房外关注点处的辐射剂量率明显大于透视模式；DSA 机房 2 外辐射工作人员关注点剂量率最大为 3.78E-04μSv/h，出现在北侧观察窗外控制室关注点处；公众关注点剂量率最大为 3.42E-04μSv/h，出现在南侧屏蔽墙外走廊关注点处。01ERCP 室外辐射工作人员关注点剂量率最大为 3.69E-04μSv/h，出现在北侧观察窗外控制室关注点处；公众关注点剂量率最大为 2.23E-04μSv/h，出现在东侧防护门外走廊关注点处，本项目 2 座 DSA 机房屏蔽设计能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的要求。

（三）电缆沟、通排风管道辐射影响分析

本项目 2 座 DSA 机房电缆线布设采用电缆沟，通排风管道穿墙方式均为直穿式，为防止 X 射线泄漏，电缆孔处均拟设置 3mm 铅板（与防护门同等屏蔽防护）进行防护（接口处四周包封），通风及排风管道口均拟设置 3mm 铅板（与防护门同等屏蔽防护）进行防护（接口处进行包裹），管道系统均避开主射线方向，经过铅板屏蔽后，电缆沟、通排风管道出口处辐射剂量将在控制范围内。

（四）周围公众及辐射工作人员年有效剂量预测

1、年有效剂量预测模式

DSA 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 中的计算公式进行预测：

$$H_{Er} = H_r \times T \times t \qquad \text{公式 11-5}$$

式中：H_{Er}—X射线外照射年有效剂量，mSv/a；

H_r—关注点处剂量率，μSv/h；

T—居留因子；

t—年照射时间，h。

DSA 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）给出的公式进行预测：

$$E = \alpha H_u + \beta H_o \qquad \text{公式 11-6}$$

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

H_u—铅围裙内佩戴的个人剂量计测得的 H_p（10），mSv；

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

H_o—铅围裙外锁骨对应的衣领位置佩戴的个人剂量计测得的 H_p（10），mSv。

2、本项目所致年有效剂量预测

将有关参数代入公式 11-5，预测 2 座 DSA 机房四周公众及控制室辐射工作人员的年附加剂量，见表 11-8。

表 11-8（a） 本部院区南院医技病房综合楼二层 DSA 机房 2 四周公众及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#-东侧防护门外 30cm 处	透视模式	150.0	1/8	4.10E-05	7.68E-07	＜0.01
	摄影模式	1.67		2.07E-04	4.32E-08	
2#-东侧屏蔽墙外 30cm 处（走廊）	透视模式	150.0	1/5	3.56E-05	1.07E-06	＜0.01
	摄影模式	1.67		1.80E-04	6.00E-08	
3#-南侧屏蔽墙外 30cm 处（走廊）	透视模式	150.0	1/5	6.76E-05	2.03E-06	＜0.01
	摄影模式	1.67		3.42E-04	1.14E-07	
4#-西侧屏蔽墙外 30cm 处（DSA 机房 1）	透视模式	150.0	1/2	3.95E-05	2.97E-06	＜0.01
	摄影模式	1.67		2.00E-04	1.67E-07	
5#-北侧屏蔽墙外 30cm 处（设备间）	透视模式	150.0	1/16	3.87E-05	3.63E-07	＜0.01
	摄影模式	1.67		1.96E-04	2.04E-08	
6#-北侧观察窗外 30cm 处（控制室）	透视模式	150.0	1	7.47E-05	1.12E-05	＜0.01
	摄影模式	1.67		3.78E-04	6.30E-07	

7#-北侧防护门外 30cm 处	透视模式	150.0	1/8	3.53E-05	6.61E-07	＜0.01
	摄影模式	1.67		1.78E-04	3.72E-08	
8#-下方（员工餐厅）	透视模式	150.0	1	7.00E-06	1.05E-06	＜0.01
	摄影模式	1.67		3.16E-05	5.27E-08	
9#-上方（水处理间/检验科临检检测区）	透视模式	150.0	1	4.96E-06	7.44E-07	＜0.01
	摄影模式	1.67		2.01E-05	3.36E-08	

表 11-8（b） 本部院区北院医技楼七层 01ERCP 室四周公众及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#-东侧防护门外 30cm 处	透视模式	183.0	1/8	4.40E-05	1.01E-06	＜0.01
	摄影模式	1.69		2.23E-04	4.70E-08	
2#-东侧屏蔽墙外 30cm 处（走廊）	透视模式	183.0	1/5	3.67E-05	1.34E-06	＜0.01
	摄影模式	1.69		1.70E-04	5.74E-08	
3#-南侧屏蔽墙外 30cm 处（走廊）	透视模式	183.0	1/5	4.77E-05	1.74E-06	＜0.01
	摄影模式	1.69		2.21E-04	7.45E-08	
4#-西侧屏蔽墙外 30cm 处（楼梯间）	透视模式	183.0	1/16	3.67E-05	4.20E-07	＜0.01
	摄影模式	1.69		1.70E-04	1.80E-08	
5#-北侧屏蔽墙外 30cm 处（治疗室）	透视模式	183.0	1	3.04E-05	5.57E-06	＜0.01
	摄影模式	1.69		1.41E-04	2.38E-07	
6#-北侧观察窗外 30cm 处（控制室）	透视模式	183.0	1	7.29E-05	1.33E-05	＜0.01
	摄影模式	1.69		3.69E-04	6.23E-07	
7#-下方（模拟示教培训室）	透视模式	183.0	1	2.48E-05	4.54E-06	＜0.01
	摄影模式	1.69		9.96E-05	1.68E-07	
8#-上方（屋面）	透视模式	183.0	1/16	7.64E-06	8.74E-08	＜0.01
	摄影模式	1.69		3.20E-05	3.38E-09	

由表 11-8，本项目 2 座 DSA 机房四周公众、控制室辐射工作人员的年附加剂量

均不超过 0.01mSv。

本次扩建介入诊疗项目除 DSA 机房 2 周围 50m 评价范围北至居民区（距 DSA 机房 2 最近约 28m）、01ERCP 室周围 50m 评价范围南至省中杏苑（距 01ERCP 室最近约 30m）外，其余均位于院区边界内，项目运行后的环境保护目标主要为医院辐射工作人员、院区内的其他医护人员、病患、陪同家属及评价范围内居民区、省中杏苑处其他公众等。由于辐射影响的距离平方反比衰减规律以及本项目工作场所和周围建筑墙体、楼体结构的屏蔽作用，扩建介入诊疗项目周围 50m 评价范围内保护目标处公众年受照剂量不超过 0.001mSv。

将有关参数代入公式 11-6，计算第一术者、第二术者年有效剂量，结果列于表 11-9。

表 11-9 DSA 机房内术者位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（mSv）
					散射线	漏射线	合计		
本部院区南院医技病房综合楼二层 DSA 机房 2	第一术者	0.79	0.051	铅衣内	27.5	9.55	37.09	150.0	9.07
				铅衣外	519.2	91.54	610.7		
	第二术者			铅衣内	6.88	2.39	9.27		2.27
				铅衣外	129.8	22.88	152.7		
本部院区北院医技楼七层 01ERCP 室	第一术者	0.79	0.051	铅衣内	27.5	9.55	37.09	183.0	11.06
				铅衣外	519.2	91.54	610.7		
	第二术者			铅衣内	6.88	2.39	9.27		2.77
				铅衣外	129.8	22.88	152.7		

由表 11-9 可知，DSA 机房 2 内的介入操作第一、第二术者操作位的年有效剂量分别为 9.07mSv、2.27mSv，本项目手术位辐射工作由 2 组工作人员共同承担，则本项目所致机房内第一、第二术者操作位工作人员年有效剂量分别为 4.54mSv、1.14mSv（机房内护士保守参考第二术者操作位估算年有效剂量）；01ERCP 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 11.06mSv、2.77mSv，本项目手术位辐射工作由 3 组工作人员共同承担，则本项目所致机房内第一、第二术者操作位工作人员年有效剂量分别为 3.69mSv、0.92mSv（机房内护士保守参考第二术者操作位估算年

有效剂量）。

3、辐射剂量叠加影响分析

江苏省中医院拟从介入医学科现有人员中调用共计6名辐射工作人员承担南院医技病房综合楼二层DSA机房2的辐射工作，其中手术医生5人、技师1人，均已通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训。医院已委托江苏省疾病预防控制中心对辐射工作人员进行了个人剂量检测，其在2024年度的个人剂量检测结果见表11-10（报告编号：（放卫）20241136、（放卫）20241284、（放卫）20241413、（放卫）20251067，见附件6）。

表11-10 本部院区介入医学科拟调配辐射工作人员近一年度个人剂量检测结果

编号	姓名	岗位	检测结果（mSv）[1)]				年有效剂量（mSv）
			2024年第一季度	2024年第二季度	2024年第三季度	2024年第四季度	
A07302	邵泽锋	医师	/	＜MDL	0.23	＜MDL	0.27
A07114	马坤	医师	/	＜MDL	0.29	＜MDL	0.33
A07129	汪有锦	医师	/	＜MDL	0.27	＜MDL	0.31
A07238	徐向贤	医师	/	＜MDL	0.21	＜MDL	0.25
A07334	李建东	医师	/	＜MDL	0.28	＜MDL	0.32
A07205	黄邵怡	技师	/	＜MDL	0.28	＜MDL	0.32

注：本周期的调查水平的参考值MDL为0.04mSv。

南院医技病房综合楼二层DSA机房1与本项目DSA机房2相邻，本项目机房内的医师、护士可能受到DSA机房1内设备出束对其的辐射影响。根据医院提供的DSA机房1的防护检测报告（报告编号：瑞森（综）字（2023）第0262号，见附件7），DSA机房1内设备正常工作（工况：75kV/115mA）时，东墙外30cm处X-γ辐射剂量率最大为0.16μSv/h（未扣除本底值），保守取该值来计算DSA机房1内设备出束对本项目机房内医师、护士的辐射影响，考虑到机房内医师、护士的居留时间（105.0h/年÷2组）、居留因子（取1/2），则本项目DSA机房2内医师、护士受到DSA机房1内设备出束所致的年有效剂量为0.004mSv。

由表11-10可知，本项目本部院区介入医学科拟调配的医师、技师年有效剂量最大分别为0.33mSv、0.32mSv，叠加本项目DSA机房2所致辐射工作人员年有效剂量

和相邻 DSA 机房 1 内设备出束的辐射影响，本项目辐射工作人员的年有效剂量最大为 4.874mSv。

南院医技病房综合楼二层 DSA 机房 1 与本项目 DSA 机房 2 相邻，考虑到 2 座机房内设备同时运行可能对南侧走廊处公众产生叠加辐射影响，根据医院提供的 DSA 机房 1 的防护检测报告（报告编号：瑞森（综）字（2023）第 0262 号），DSA 机房 1 内设备正常工作（工况：75kV/115mA）时，南墙外 30cm 处 X-γ辐射剂量率最大为 0.13μSv/h（未扣除本底值），保守取该值来计算 DSA 机房 1 内设备出束对南侧走廊处公众的辐射影响，考虑到公众的居留时间较短，所致周围公众附加年有效剂量可忽略不计，故本项目运行后，所致周围公众受到的叠加年有效剂量不超过 0.01mSv。

根据上述理论预测结果，本次扩建 DSA 诊疗项目辐射工作人员和公众的年有效剂量均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中剂量限值要求和本项目剂量约束值要求（职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv）。

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，开展 DSA 介入治疗的辐射工作人员采用双剂量计监测方法，医院应加强对介入手术工作人员的个人剂量监测管理，在日常检测中发现个人剂量异常的，应当对有关人员采取保护措施，并在接到监测报告之日起五日内报告发证的生态环境、卫生健康部门调查处理。介入手术工作人员均按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）穿戴防护用品（铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套等），并充分利用自带的铅悬挂防护屏及床侧防护帘等做好自身防护，确保其年有效剂量满足标准限值要求。

综上所述，根据上述理论预测结果，本项目 2 座 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

（一）废气

DSA 在工作状态时，会使机房内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，少量臭氧

和氮氧化物可通过通风系统排至室外，臭氧在常温下约50分钟可自行分解为氧气，对周围环境影响较小。

（二）废水

工作人员和部分患者产生的生活污水，由医院污水处理站统一处理。

（三）固体废物

工作人员产生的生活垃圾，分类收集后，将交由城市环卫部门处理。

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

事故影响分析

一、主要事故风险

本项目新增的DSA为II类射线装置，医院在开展医疗诊断和介入治疗过程中，如果安全管理或防护不当，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：

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

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

（三）设备维护人员在维护DSA射线管或测量探测器时，射线管正处于出束状态，维修人员处于机头上方，导致发生误照射。

二、事故预防和处理措施

医院可采取以下事故预防措施：

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

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

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

针对本项目可能发生的辐射事故，可采取以下的处理措施：

（一）当发生误照射时，应立即按下急停开关，确保DSA停止工作；

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

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

医院应定期对DSA机房辐射安全措施进行检查、维护，发现问题及时维修；每次工作前均应检查相应辐射安全装置的有效性，定期对工作场所进行检测。医院还应在平时工作中加强工作人员的辐射防护知识的培训，尽可能避免辐射事故的发生。

医院应根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《江苏省辐射污染防治条例》等要求，发生辐射事故的，立即启动事故应急方案，采取必要防范措施，在事故发生后1小时内向所在地生态环境和公安部门报告，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》。造成或者可能造成人员超剂量照射的，还应当同时向卫生健康部门报告；对于可能受到大剂量照射的人员，迅速安排医学检查和救治，积极配合政府管理部门做好事故调查和善后工作。

表 12　辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，使用Ⅱ类射线装置的单位，应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；辐射安全与环境保护管理工作人员和辐射工作人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核；自 2020 年 1 月 1 日起，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名并参加考核，2020 年 1 月 1 日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效。

江苏省中医院已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，由法人代表担任辐射安全领导管理小组组长，指定专人（需参加“辐射安全管理”辐射安全与防护考核，合格后方可上岗）专职负责辐射安全与环境保护管理工作，组员覆盖各辐射科室，并以文件形式明确管理人员职责。医院应根据本次扩建介入诊疗项目制订相关文件，明确医院相关辐射项目的管理人员及其职责，将该项目辐射安全管理纳入全院的辐射安全管理工作中。本项目辐射工作人员拟由江苏省中医院从现有人员中调用或新聘用，不兼职其他放射工作，共配备 18 名辐射工作人员，新进的辐射工作人员须通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规，参加“医用 X 射线诊断与介入放射学”辐射安全与防护考核，辐射防护管理人员需参加“辐射安全管理”辐射安全与防护考核，合格后方可上岗。

辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的有关要求，使用放射源和射线装置的单位要“有健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急措施”。目前江苏省中医院已制定相关辐射安全与防护管理制度，如《操作规程》《岗位职责》《辐射防护制度》《台账管理制度》《设备检修维护制度》《人员培训制度》《监测方案》《放射工作人员职业健康管理制度》《辐射事故预防措施及应急处理预案》

等。医院现有管理制度内容较为全面，基本满足医院从事相关辐射活动辐射安全和防护管理的要求，拟根据扩建介入诊疗项目的特点及以下内容制定并完善相关制度，并落实到实际工作中，严格执行，加强辐射安全管理。

一、操作规程

医院已制定《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：

（一）确保开展辐射工作时所有辐射屏蔽措施均已到位，严格按照规定操作流程操作，防止发生辐射事故；

（二）从事辐射工作时必须佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪；

（三）在工作场所严禁吸烟、进食。

二、岗位职责

医院已制定《岗位职责》，明确射线装置使用工作人员、台账管理人员及辐射安全管理人员的岗位责任，并落实到个人，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任。

三、辐射防护和安全保卫制度

医院已根据射线装置的具体情况制定相应的《辐射防护制度》。重点是：

（一）定期检查相关的辐射安全装置及检测仪器，发现问题及时修理或更换，确保辐射安全措施、个人剂量报警仪、环境辐射剂量监测仪保持良好工作状态；

（二）工作人员定期开展个人剂量检测和职业健康监护。

四、设备维修制度

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

五、人员培训计划和健康管理制度

医院已制定《人员培训制度》，明确培训对象、内容、周期、方式以及考核的办法等内容，并强调对培训档案的管理，做到有据可查。相关辐射工作人员应及时学习最新的国家政策法规及标准，熟练掌握辐射防护知识、最新的操作技术。根据18号令及《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，辐射工作人员

均可通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规并通过考核。医院已制定《放射工作人员职业健康管理制度》，医院应组织辐射工作人员定期参加职业健康体检（不少于1次/2年），并为其建立辐射工作人员职业健康监护档案。

六、监测方案

明确监测频次和监测项目。监测结果定期上报生态环境行政主管部门。为了确保Ⅱ类射线装置的辐射安全，该医院应制定监测方案，重点是：

（一）明确监测项目和频次；

（二）辐射工作人员个人剂量监测数据应建立个人剂量档案，依据《江苏省辐射污染防治条例》（2018年修正），在日常检测中发现个人剂量异常的，应当对有关人员采取保护措施，并在接到监测报告之日起五日内报告发证的生态环境、卫生健康部门调查处理；

（三）医院应当按照有关标准、规范的要求定期对工作场所及周围环境进行监测或者委托有资质的机构进行监测，发现异常情况的，应当立即采取措施，并在一小时内向县（市、区）或者设区的市生态环境行政主管部门报告；

（四）委托有资质监测单位对本单位的射线装置的安全和防护状况进行年度检测，每年1月31日前将年度评估报告上传至全国核技术利用辐射安全申报系统，年度评估发现安全隐患的，应当立即整改。

辐射监测

根据辐射管理要求，江苏省中医院已配备有辐射巡测仪1台，为项目配备个人剂量报警仪4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：

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

二、辐射工作人员配备个人剂量计监测累积剂量，定期（不少于1次/3个月）送有资质机构进行个人剂量监测，建立个人剂量档案；

三、定期使用辐射监测仪器对项目周围辐射环境进行自检，包括控制室工作位置和周围毗邻区域人员居留处，并保留自检记录；

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

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

本项目辐射监测计划见表12-1。

表12-1 本项目辐射监测计划

监测项目	监测类型	监测因子	监测单位和监测频次	监测点位	控制要求
DSA机房工作场所监测	竣工环保验收监测	X-γ辐射剂量率	请有资质单位监测，建设项目竣工后3个月内	距墙体、门、窗表面30cm；顶棚上方（楼上）距顶棚地面100cm、机房地面下方（楼下）距楼下地面170cm、操作位、电缆口外	见评价标准中辐射剂量率控制水平
	年度监测	X-γ辐射剂量率	请有资质单位监测，不少于1～2次/年		
	日常监测	X-γ辐射剂量率	自主监测，不少于1次/月		
个人剂量监测	/	职业性外照射个人剂量	定期送有资质部门进行监测，不少于1次/三个月	/	年有效剂量≤5mSv

江苏省中医院拟根据上述监测计划，明确监测项目，定期（不少于1次/季）使用辐射监测仪器对项目周围辐射环境进行自检，并保留自检记录，每年委托有资质的单位定期对项目周围环境X-γ辐射剂量率进行监测，监测结果上报生态环境行政主管部门。2024年度医院已委托南京瑞森辐射技术有限公司开展了辐射工作场所的辐射安全与防护年度监测，监测结果均符合《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）、《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）、《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）等国家相关标准要求，均未出现剂量率超标的情况。

江苏省中医院已为现有辐射工作人员配备个人剂量计，组织辐射工作人员进行个人剂量监测（1次/3个月）和职业健康体检（1次/2年），辐射安全领导管理小组负责全医院辐射工作人员个人剂量的收发和管理，职业健康监护、个人剂量监测档案均存放于公卫科。2024年度医院已委托江苏省疾病预防控制中心完成了辐射工作人员的个人剂量监测，所有辐射工作人员监测结果均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本

标准》（GB 18871-2002）等国家相关标准要求，均未出现异常。

江苏省中医院每年编写放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告，包括射线装置台账、辐射安全和防护设施的运行与维护、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、事故和应急以及档案管理等方面的内容，每年1月31日前将年度评估报告上传至全国核技术利用辐射安全申报系统。

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

辐射事故应急

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

一、应急机构和职责分工；

二、应急的具体人员和联系电话；

三、应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；

四、辐射事故发生的可能、分级及应急响应措施；

五、辐射事故调查、报告和处理程序。

对于在医院定期监测或委托监测时发现异常情况时，应根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《江苏省辐射污染防治条例》等要求，在1小时之内向所在地生态环境和公安部门报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的还应当同时向卫生健康部门报告。在发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要防范措施，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门和公安部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，同时向当地卫生健康行政部门报告。

江苏省中医院已经制定了《辐射事故应急措施预案》，该预案已包括成立辐射事故应急处理领导小组、应急预案领导小组的职责、放射性事故应急处理的责任划分、放射性事故应急处理程序和放射性事故的调查等内容。由辐射事故应急处理领导小组

组织辐射工作人员，定期（1 次/年）开展应急培训演练，在物资、通讯、技术、人员、经费等准备方面均加以落实。医院开展核技术利用项目至今，未发生辐射事故。

表 13　结论与建议

结论

一、项目概况

为了更好地为患者服务，提高医院的医疗质量，江苏省中医院拟在本部院区南院医技病房综合楼二层 DSA 机房 2 内配备 1 台岛津 BRANSIST alexa 型 DSA（单球管，最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA）；拟在本部院区北院医技楼七层 01ERCP 室内配备 1 台佳能 INFX-9000F 型 DSA（单球管，最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA），用于开展医疗诊断和介入治疗。

二、项目建设的必要性

本项目的建设，可为医院提供多种诊断、治疗手段，有着重要临床应用价值，可为患者提供放射诊断及治疗服务，并可提高当地医疗卫生水平。

三、实践正当性

本项目的运行，具有良好的社会效益和经济效益，经辐射防护屏蔽和安全管理后，本项目的建设和运行对受照个人或社会所带来的利益能够弥补其可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）“实践的正当性”的原则。

四、项目产业政策符合性分析

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

五、选址合理性

江苏省中医院本部院区位于南京市秦淮区汉中路 155 号，本部院区以石鼓路为界分为南院、北院两个区域。本部院区东侧为莫愁路、省中杏苑和南京财经高等职业技术学校，南侧为侯家桥，西侧为罗廊巷、居民区和离休干部小区，北侧为汉中路。

本次扩建介入诊疗项目除 DSA 机房 2 周围 50m 评价范围北至居民区（距 DSA 机房 2 最近约 28m）、01ERCP 室周围 50m 评价范围南至省中杏苑（距 01ERCP 室最近约 30m）外，其余均位于院区边界内，项目运行后的环境保护目标主要为医院辐射工作人员、院区内的其他医护人员、病患、陪同家属及评价范围内居民区、省中杏苑处其他公众等。

本项目评价范围内不涉及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区。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）要求，本项目建设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），本项目建设址评价范围内不涉及江苏省内优先保护单元；本项目为核技术利用项目，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DSA机房与控制室分开，区域划分明确，选址及布局合理。

六、辐射环境现状评价

江苏省中医院扩建介入诊疗项目建设址室内（1#~13#点位）周围环境γ辐射剂量率在（57~86）nGy/h之间，属江苏省建筑物室内γ辐射（空气吸收）剂量率本底水平（50.7～129.4）nGy/h范围内；室外（14#~19#点位）周围环境γ辐射剂量率为（39~48）nGy/h之间，属江苏省道路γ辐射（空气吸收）剂量率本底水平（18.1～102.3）nGy/h范围内。

七、环境影响评价

根据理论估算结果，江苏省中医院扩建介入诊疗项目在做好个人防护措施和安全措施的情况下，项目对辐射工作人员及周围的公众产生的年有效剂量均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中对职业人员和公众受照剂量限值要求和本项目剂量约束值要求（职业人员年有效剂量不超过5mSv，公众年有效剂量不超过0.1mSv）。

八、“三废”的处理处置

DSA在工作状态时，会使机房内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，可通过通风系统排至室外，臭氧在常温下约50分钟可自行分解为氧气，对周围环境影响较小；工作人员和部分患者产生的生活污水，由医院污水处理站统一处理；工作人员产生的生活垃圾，分类收集后，将交由城市环卫部门处理，对周围环境影响较小；本项目DSA手术过程中产生的棉签、纱布、手套、器具等医疗废物暂存在机房内的废物桶，手术结束后集中收集，作为医疗废物由医院统一委托有资质单位进行处置。

九、主要污染源及拟采取的主要辐射安全防护措施

江苏省中医院拟配备的2台DSA最大管电压均为125kV、最大管电流均为1000mA，DSA开机期间，产生的X射线为主要辐射环境污染因素。本项目DSA机房入口处拟设置“当心电离辐射”警告标志和中文警示说明；防护门均为电动推拉式机房门，拟设有防夹装置和曝光时关闭机房门的管理措施，防护门上方拟设置工作状态指示灯，且工作状态指示灯和与机房相通的门能有效联动；控制室和机房内的治疗床边均设置急停按钮；控制室墙体上设置有观察窗，可有效观察到患者和受检者状态防护门开闭情况；控制室设置对讲装置，方便机房外工作人员与患者交流；医院已配备有辐射巡测仪1台，拟为本项目辐射工作人员配备铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套、剂量报警仪、个人剂量计等辐射防护装置及个人防护用品，符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的安全管理要求。

十、辐射安全管理评价

江苏省中医院已设立辐射安全与环境保护管理机构，指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以医院内部文件形式明确其管理职责。医院已制定辐射安全管理制度，建议根据本报告的要求，对照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，建立符合医院实际情况的、完善可行的辐射安全管理制度，并在日常工作中落实。

江苏省中医院已为本项目辐射工作人员配置个人剂量计，定期送有资质部门监测个人剂量，建立个人剂量档案；定期进行健康体检，建立个人职业健康监护档案。江苏省中医院已配备有辐射巡测仪1台，为本项目配备个人剂量报警仪4台。此外，医院已根据相关标准要求，为本项目工作人员和受检者配备足够数量的个人防护用品和辅助防护设施。

综上所述，江苏省中医院扩建介入诊疗项目在落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后，医院将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和相应的辐射安全防护措施，其运行对周围环境产生的影响能够符合辐射环境保护的要求，从环境保护角度论证，本项目的建设和运行是可行的。

建议和承诺

一、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。

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

三、定期进行辐射工作场所的检查及监测，及时排除事故隐患。

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

五、医院在计划新增核技术利用项目时，需按照相关法律法规，及时履行环保手续后，方可正式投入使用。

六、本项目辐射工作人员须通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规，参加“医用X射线诊断与介入放射学”辐射安全与防护考核，辐射防护管理人员需参加“辐射安全管理”辐射安全与防护考核，合格后方可上岗。

辐射污染防治“三同时”措施一览表

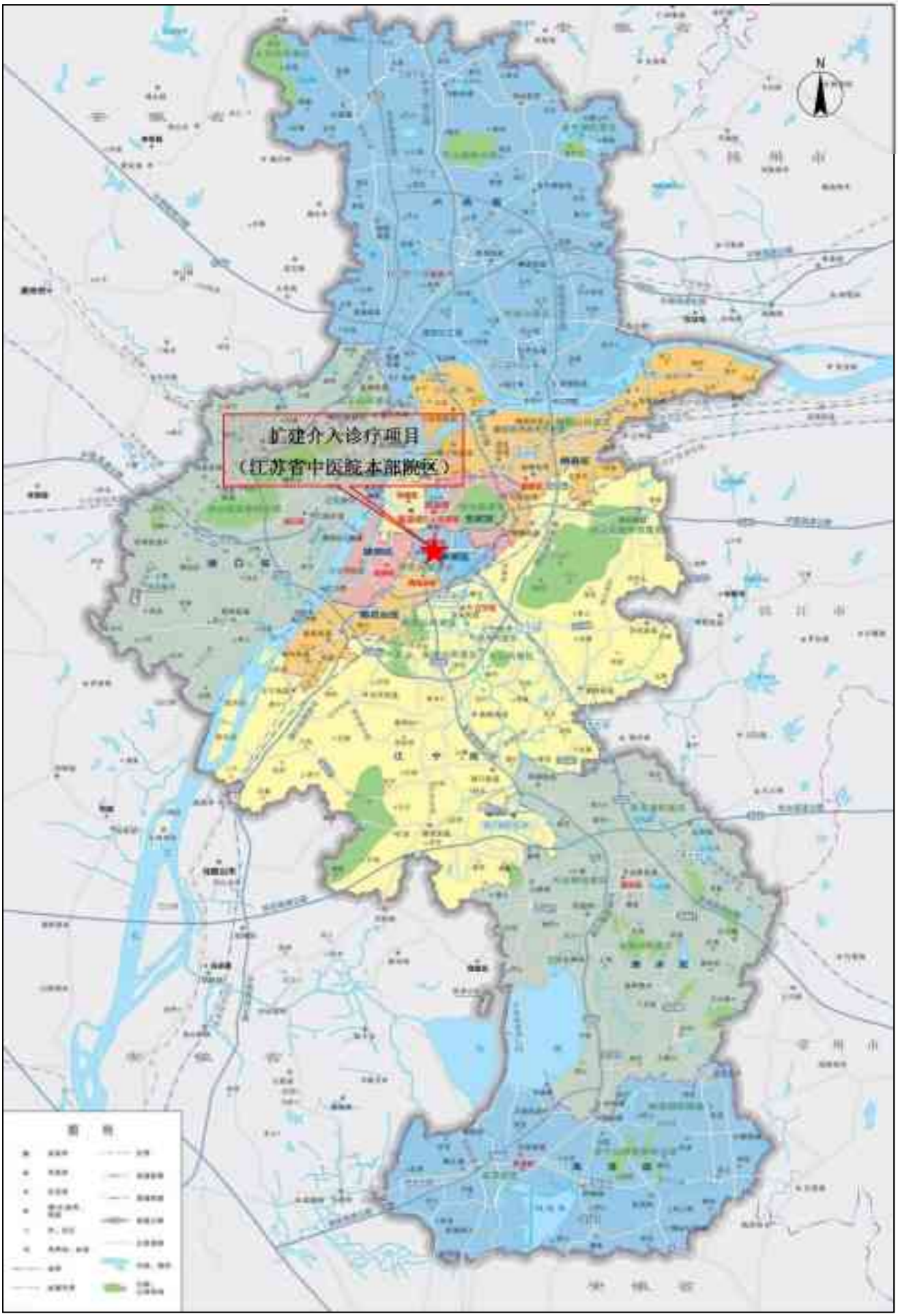
项目	“三同时”措施	预期效果	预计投资（万元）
辐射安全管理机构	建立辐射安全与环境保护管理机构，或配备不少于1名大学本科以上学历人员从事辐射防护和环境保护管理工作。医院已设立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确管理人员职责。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》相关要求。	/
辐射安全和防护措施	屏蔽措施：DSA机房四侧墙体采用实心砖+硫酸钡涂料或铅板、顶面和地面采用混凝土+硫酸钡涂料进行辐射防护，各防护门均采用铅防护门，观察窗采用铅玻璃进行辐射防护。详见表10-1。	满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对职业人员和公众受照剂量限值要求以及本项目剂量约束值要求。	
	安全措施：DSA机房入口处拟设置“当心电离辐射”警告标志和中文警示说明；防护门均为电动推拉式机房门，拟设有防夹装置和曝光时关闭机房门的管理措施，防护门上方拟设置工作状态指示灯，且工作状态指示灯和与机房相通的门能有效联动；控制室和机房内的治疗床边均设置急停按钮；控制室墙体上设置有观察窗，可有效观察到患者和受检者状态防护门开闭情况；控制室设置对讲装置，方便机房外工作人员与患者交流；医院已配备有辐射巡测仪1台，拟为本项目辐射工作人员配备铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套、剂量报警仪、个人剂量计等辐射防护装置及个人防护用品；机房内设置动力通风装置，并保持良好的通风。	满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的相关要求。	
人员配备	辐射安全管理人员和辐射工作人员通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规并考核，考核合格后上岗。	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》要求。	/
	辐射工作人员在上岗前佩戴个人剂量计，并定期送检（两次监测的时间间隔不应超过3个月），加强个人剂量监测，建立个人剂量档案。		
	辐射工作人员定期进行职业健康体检（不少于1次/2年），并建立辐射工作人员职业健康档案。		

监测仪器和防护用品	已配备辐射巡测仪 1 台。 拟配备个人剂量报警仪 4 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。	
	DSA 介入医生配备铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、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、床侧防护屏等防护用品。	满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的相关要求。	
辐射安全管理制度	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、辐射事故应急措施等制度：根据环评要求，按照项目的实际情况，补充相关内容，建立完善、内容全面、具有可操作性的辐射安全规章制度。	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。	/
总计	/	/	

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



附图 1 江苏省中医院扩建介入诊疗项目地理位置示意图