核技术利用建设项目

南京脑科医院 DSA 改造项目

环境影响报告表

南京脑科医院

2023 年 12 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

南京脑科医院 DSA 改造项目

环境影响报告表

建设单位名称：南京脑科医院

建设单位法人代表（签名或盖章）：

通讯地址：南京市鼓楼区广州路 264 号、南京市鼓楼区广州路 215 号

邮政编码：210029　　联系人：李佳佳

电子邮箱：460799118@qq.com　联系电话：15861828744

打印编号：1703812876000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	c6z1hu
建设项目名称	南京脑科医院DSA改造项目
建设项目类别	55--172核技术利用建设项目
环境影响评价文件类型	报告表
一、建设单位情况	
单位名称（盖章）	南京脑科医院
统一社会信用代码	123201004258009355
法定代表人（签章）	赵太宏
主要负责人（签字）	吴明琴
直接负责的主管人员（签字）	李佳佳
二、编制单位情况	
单位名称（盖章）	南京瑞森辐射技术有限公司
统一社会信用代码	91320106694645355K
三、编制人员情况	

1. 编制主持人

姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
陈朝晖	2014035320352013321405000117	BH019830	

2. 主要编制人员

姓名	主要编写内容	信用编号	签字
郭文政	表1 项目基本情况 表2 放射源 表3 非密封放射性物质 表4 射线装置 表5废弃物 表6评价依据 表7 保护目标与评价标准 表8 环境质量与辐射现状	BH051806	
陈朝晖	表9 项目工程分析与源项 表10 辐射安全与防护 表11 环境影响分析 表12 辐射安全管理 表13 结论与建议	BH019830	

环评项目负责人职业资格证



姓名：陈朝晖
Full Name

性别：男
Sex

出生年月：1968年12月
Date of Birth

批准类别：
Professional Type

批准日期：2014年05月
Approval Date

持证人签名：
Signature of the Bearer

签发单位盖章：
Issued by

签发日期：2014 年 09 月 04 日
Issued on

20140353203520133214050000117
管理号：
File No.

仅供南京脑科医院DSA技改项目使用

江苏省社会保险权益记录单（参保单位）

参保单位全称：南京瑞森辐射技术有限公司　　现参保地：[illegible]区

统一社会信用代码：91320106694645355K　　查询时间：202306-202311

共1页，第1页

单位参保险种	养老保险	工伤保险	失业保险
缴费总人数	36	36	36

序号	姓名	公民身份号码（社会保障号）	缴费起止年月	缴费月数
1	郭文政	341221[illegible]6192350	202306 - 202311	6
2	陈朝晖	320[illegible]196812202038	202306 - 202311	6

仅供南京脑科医院DSA技改项目使用

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

江苏省社会保险 电子专用章

打印时间：2023年11月27日

目　录

表 1 项目基本情况..... 1
表 2 放射源..... 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..... 16
表 9 项目工程分析与源项..... 20
表 10 辐射安全与防护..... 27
表 11 环境影响分析..... 34
表 12 辐射安全管理..... 53
表 13 结论与建议..... 58
表 14 审批..... 64
附图 1 南京脑科医院新增 1 台 DSA 项目地理位置示意图..... 65
附图 2 南京脑科医院院区总平面及周围环境示意图..... 66
附图 3 南京脑科医院北院区 3 号楼一楼平面布局示意图..... 67
附图 4 南京脑科医院北院区 3 号楼二楼平面布局示意图..... 68
附图 5 南京脑科医院北院区 3 号楼地下一层平面布局示意图..... 69
附图 6 本项目与南京市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 辐射安全许可证正副本复印件..... 73
附件 4 原有核技术利用项目基本情况一览表..... 81
附件 5 辐射安全管理机构文件..... 84
附件 6 辐射环境本底监测报告..... 88
附件 7 检测机构资质认定证书..... 94

表 1 项目基本情况

<table>
<tr><td colspan="2">建设项目名称</td><td colspan="8">南京脑科医院 DSA 改造项目</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设单位</td><td colspan="8">南京脑科医院
（统一社会信用代码：　　）</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 colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">注册地址</td><td colspan="8"></td></tr>
<tr><td colspan="2">项目建设地点</td><td colspan="8"></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></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 colspan="2">/</td></tr>
<tr><td rowspan="9">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

南京脑科医院，又名南京医科大学附属脑科医院、江苏省精神卫生中心，位于南京市鼓楼区广州路 264 号、南京市鼓楼区广州路 215 号，始建于 1947 年，是我国最早的国立神经精神病专科医院，为世界卫生组织儿童心理卫生研究中

心。2018 年 6 月，根据市长办公会议要求，原南京脑科医院（北院区）和南京市胸科医院（南院区）进行整合，成为新的南京脑科医院，一院两区。

医院分为南、北两个院区，拥有员工近 2200 人，床位近 2000 张，承担着南京市、江苏省乃至全国神经、精神、胸部疾病的医疗、康复、预防、教学、科研和司法鉴定等任务。同时承担着相关政府指令性工作及突发应急事件的心理救援等处置任务，在国家重大城市任务和突发公共卫生事件处置中，发挥社会维稳作用。

为提高医院整体医疗水平，满足患者就医需求，南京脑科医院北院区 3 号楼一楼现有 DSA 手术室进行改造：在基础墙体不变的情况下，对机房各面增加相应的防护。同时将手术室内现有 Artis zee 型单球管 DSA 做报废处理（该 DSA 已完整的履行相关环保手续），更换为 1 台 Azurion 7 B20 型数字减影血管造影机（Digital Subtraction Angiography，以下简称“DSA”，双球管，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。

本项目医院北院区 3 号楼一楼 DSA 手术室防护屏蔽改造前后对比一览表见表 1-1

表 1-1 本项目医院北院区 3 号楼一楼 DSA 手术室防护屏蔽改造前后对比一览表

场所名称		原机房防护设计	改造后防护设计
北院区 3 号楼一楼现有 DSA 手术室	四面墙体	240mm 实心砖+1mm 铅当量的防护涂料	西侧墙体：240mm 实心砖+30mm 硫酸钡涂层+1mm 铅板； 东南北侧墙：240mm 实心砖+30mm 硫酸钡涂层
	屋顶	200mm 混凝土+3mm 铅当量铅板	200mm 混凝土+3mm 铅当量铅板
	地面	200mm 混凝土	200mm 混凝土+30mm 硫酸钡涂层
	防护门	3mm 铅当量铅板	4mm 铅当量铅板
	观察窗	3mm 铅当量铅玻璃	4mm 铅当量铅玻璃

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，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），南京脑科医院 DSA 改造项目属于“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。受医院的委托，南京瑞森辐射技术有限公司承担了该单位 DSA 改造项目的环境影响评价工作。我公司通过资料调研、项目工程分析、现场勘察及现场监测等工作的基础上，编制了该项目环境影响报告表。该医院本次新增 1 台 DSA 情况见下表：

表 1-2 本项目新增 1 台 DSA 情况一览表

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（Azurion 7B20 型）	1 台	125	1000	II类	医院北院区3号楼一楼 DSA 手术室	使用	本次环评	双球管
			125	1000					

二、项目选址情况

南京脑科医院位于南京市鼓楼区广州路 264 号、南京市鼓楼区广州路 215 号，医院东侧为广州路，南侧和西侧均为江苏省人民医院院区，北侧为南京师范大学（随园校区）。

南京脑科医院 DSA 机房位于医院北院区 3 号楼一楼，3 号楼东侧为院内道路和高压氧舱治疗室，南侧为停车场和院区边界围墙，西侧为院区边界围墙，北侧为行政楼、院内道路及绿化。本项目地理位置示意图见附图 1，南京脑科医院北院区平面布置和周围环境示意图见附图 2。

本项目 DSA 机房位于北院区 3 号楼一楼，其东侧为控制室和洗手池，南侧为室外停车场，西侧为设备机房，北侧为走廊，机房下方为车库，机房上方为认知治疗室和语言治疗室。南京脑科医院北院区 3 号楼一楼 DSA 机房及上、下层平面布置示意图见附图 3 至附图 5。

本项目 DSA 机房周围 50m 评价范围内南侧和西侧为江苏省人民医院院区内，其余均位于医院边界内，评价范围内无学校、居民区等环境敏感点，项目运行后的环境保护目标主要为从事本项目的辐射工作人员、院内的其他医务人员、病患和院内公众以及江苏省人民医院院区内公众等。

三、原有核技术利用项目许可情况

南京脑科医院现持有江苏省生态环境厅核发的辐射安全许可证（苏环辐证[01341]），有效期至：2027 年 7 月 4 日，许可种类和范围为“使用Ⅰ类、Ⅲ类放射源；使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置”。医院辐射安全许可证正副本见附件 3，原有

核技术利用项目情况见附件 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。

四、实践正当性分析

本项目 DSA 手术室原有 DSA 为单球管型，因设备年久老化，且相关功能无法满足现临床需求，故医院决定将原单球管型 DSA 作报废处理，并新购一台双球管型 DSA。本项目的运行，可为患者提供放射诊断及治疗服务，并可提高当地医疗卫生水平，具有良好的社会效益和经济效益，经辐射防护屏蔽和安全管理后，其获得的利益远大于对环境的影响，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）“实践的正当性”的原则。

五、“三线一单”相符性分析

本项目评价范围内不涉及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区。对照《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，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。本项目与南京市生态空间保护区域位置关系图见附图 6。

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	Azurion 7 B20 型	125	1000	医用诊断/介入治疗	北院区 3 号楼一楼 DSA 手术室	双球管
					125	1000			
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

（三）中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

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

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/m^3；年排放总量用 kg。

2.含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m^3）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

法规文件	（1）《中华人民共和国环境保护法》（修订版），中华人民共和国主席令第9号，2015年1月1日起实施； （2）《中华人民共和国环境影响评价法》（2018年修正版），中华人民共和国主席令 第二十四号，2018年12月29日发布施行； （3）《中华人民共和国放射性污染防治法》，中华人民共和国主席令第六号，2003年10月1日起实施； （4）《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令 第449号，2005年12月1日起施行；2019年修改，国务院令 第709号，2019年3月2日施行； （5）《建设项目环境保护管理条例》（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）《产业结构调整指导目录（2019年本）》（2021年修改），国家发展和改革委员会令 第49号，2021年12月30日起施行； （11）《江苏省辐射污染防治条例》（2018年修正本），江苏省第十三届人民代表大会常务委员会第二次会议第2号公告，2018年5月1日起实施； （12）《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；

	（13）《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； （14）《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，生态环境部公告2019年 第57号，2019年12月24日发布； （15）《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部部令 第9号，2019年11月1日起施行； （16）《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； （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》，苏环办〔2021〕187号，2021年5月28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）《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB 8999-2021）； （3）《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）； （4）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）； （5）《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016）； （6）《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）； （7）《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）； （8）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）。
其他	**附图：** （1）南京脑科医院北院区地理位置图； （2）南京脑科医院北院区平面布置和周围环境示意图；

	（3）南京脑科医院北院区3号楼一楼平面布置示意图； （4）南京脑科医院北院区3号楼二楼平面布置示意图； （5）南京脑科医院北院区3号楼地下一层平面布置示意图； （6）南京脑科医院与南京市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）辐射安全管理机构文件； （6）辐射环境本底检测报告： （7）检测机构资质认定证书。

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 DSA 改造项目工作场所实体屏蔽墙体边界外周围 50m 范围内区域，评价范围详见附图 2。

保护目标

本项目 DSA 机房周围 50m 评价范围内南侧和西侧为江苏省人民医院院区内，其余均位于医院边界内，评价范围内无学校、居民区等环境敏感点，项目运行后的环境保护目标主要为从事本项目的辐射工作人员、院内的其他医务人员、病患和院内公众等。详见表 7-1。

表 7-1 本项目保护目标一览表

保护对象类型	场所	方位/位置	距本项目最近距离	人口规模
辐射工作人员	DSA 机房	控制室、机房内	/	约 6 人
评价范围内公众	北院区 3 号楼	DSA 机房东侧	约 4m	约 15 名
		DSA 机房西侧	约 1.5m	约 15 名
		DSA 机房北侧	约 1.5m	约 10 名
		DSA 机房上方	约 1m	约 40 名
		DSA 机房下方	约 1m	流动人员
	院内道路及绿化	3 号楼东侧	约 35m	流动人员
	室外停车场	3 号楼南侧	约 1.5m	流动人员
	江苏省人民医院 5 号楼		约 15m	约 40 名
	江苏省人民医院老年医学 B 楼	3 号楼西侧	约 30m	约 45 名
	行政楼	3 号楼北侧	约 20m	约 40 名
	院内道路及绿化		约 15m	流动人员

评价标准

一、《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，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv。 ③眼晶体的年当量剂量，15mSv； ④皮肤的年当量剂量，50mSv。

辐射工作场所的分区

应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

控制区：

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

监督区：

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

二、《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）：

5 X 射线设备防护性能的技术要求

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

5.8.1 介入放射学、近台同室操作（非普通荧光屏透视）用 X 射线设备应满足其相应设备类型的防护性能专用要求。

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

5.8.3 X 射线设备应配备能阻止使用焦皮距小于 20cm 的装置。

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

6 X 射线设备机房防护设施的技术要求

6.1 X 射线设备机房布局

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

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

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

6.1.4 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
双管头或多管头 X 射线设备 a（含 C 形臂）	30	4.5

6.2 X 射线设备机房屏蔽

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

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

c）具有短时、高剂量率曝光的摄影程序（如 DR、CR、屏片摄影）机房外的周围剂量当量率应不大于 25μSv/h，当超过时应进行机房外人员的年有效剂量评估，应不大于 0.25mSv；

d）车载式诊断 X 射线设备工作时，应在车辆周围 3m 设立临时控制区，控制区边界的周围剂量当量率应符合 6.3.1 中 a）～c）的要求。

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。

6.4.11 车载式诊断 X 射线设备工作场所的选择应充分考虑周围人员的驻留条件，X 射线有用线束应避开人员停留和流动的路线。

6.4.12 车载式诊断 X 射线设备的临时控制区边界上应设立清晰可见的警告标志牌（例如：“禁止进入 X 射线区”）和电离辐射警告标志。临时控制区内不应有无关人员驻留。

6.5 X 射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求

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

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

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

6.5.5 个人防护用品不使用时，应妥善存放，不应折叠放置，以防止断裂。

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

表 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 选配：铅橡胶帽子	—

注 1：“—”表示不做要求。

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

7 X 射线设备操作的防护安全要求

7.8 介入放射学和近台同室操作（非普通荧光屏透视）用 X 射线设备操作的防护安全要求。

7.8.1 介入放射学、近台同室操作（非普通荧光屏透视）用 X 射线设备应满足其相应设备的防护安全操作要求。

7.8.2 介入放射学用 X 射线设备应具有记录受检者剂量的装置，并尽可能将每次诊疗后受检者受照剂量记录在病历中，需要时，应能追溯到受检者的受照剂量。

7.8.3 除存在临床不可接受的情况外，图像采集时工作人员应尽量不在机房内停留；对受检者实施照射时，禁止与诊疗无关的其他人员在机房内停留。

7.8.4 穿着防护服进行介入放射学操作的工作人员，其个人剂量计佩戴要求应符合 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。

三、项目管理目标限值

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

（三）《江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究》（辐射防护 第 13 卷第 2 期，1993 年 3 月），江苏省环境监测站。

江苏省环境天然γ辐射水平（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，评价时采用“测值范围”作为辐射现状评价的参考数值。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

一、项目位置、布局和周边环境

南京脑科医院位于南京市鼓楼区广州路 264 号（北院区）、南京市鼓楼区广州路 215 号（南院区），本项目 DSA 手术室位于医院北院区，医院北院区东侧为广州路，南侧和西侧均为江苏省人民医院院区，北侧为南京师范大学（随园校区）。

南京脑科医院 DSA 机房位于医院北院区 3 号楼一楼，3 号楼东侧为院内道路和高压氧舱治疗室，南侧为停车场和院区边界围墙，西侧为院区边界围墙，北侧为行政楼、院内道路及绿化。

本项目 DSA 机房位于北院区 3 号楼一楼，其东侧为控制室和洗手池，南侧为室外停车场，西侧为设备机房，北侧为走廊，机房下方为车库，机房上方为认知治疗室和语言治疗室。

本项目 DSA 机房周围 50m 评价范围内南侧和西侧为江苏省人民医院院区内，其余均位于医院边界内，评价范围内无学校、居民区等环境敏感点，项目运行后的环境保护目标主要为从事本项目的辐射工作人员、院内的其他医务人员、病患和院内公众以及江苏省人民医院院区内公众等。。

本项目 DSA 机房周边环境现状见图 8-1~图 8-7。



图 8-1 DSA 手术室拟建址



图 8-2 DSA 手术室拟建址东侧



图 8-3 DSA 手术室拟建址南侧



图 8-4 手术室拟建址西侧



图 8-5 DSA 手术室拟建址北侧



图 8-6 DSA 手术室拟建址上方



图 8-7 DSA 手术室拟建址下方

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，于北医 3 号楼一楼 DSA 手术室拟建址周围进行布点，测量本底辐射剂量率，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

检测仪器：6150 AD 6/H+6150 AD-b/H 型 X-γ 辐射监测仪（设备编号：NJRS-126，检定有效期：2022 年 11 月 14 日～2023 年 11 月 13 日，检定单位：江苏省计量科学研究院，检定证书编号：Y2022-0109288）

能量响应：20keV～7MeV

测量范围：1nSv/h～99.9μSv/h

监测项目：X-γ 辐射剂量率

监测日期：2023 年 7 月 13 日

天气：晴

温度：32℃

湿度：57%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（见附件 7），具备有相应的检测资质和检测能力，监测按照南京瑞森辐射技术有限公司《质量管理手册》和《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）的要求，实施全过程质量控制。

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

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

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

表 8-1 本项目 DSA 机房拟建址周围现状辐射剂量率

测点编号	测点描述	测量结果（nGy/h）

1	DSA 手术室拟建址（室内）	59
2	DSA 手术室拟建址东侧（控制室，室内）	59
3	DSA 手术室拟建址南侧（室外停车场，室外）	68
4	DSA 手术室拟建址西侧（设备机房，室内）	55
5	DSA 手术室拟建址北侧（过道，室内）	55
6	DSA 手术室拟建址上方（治疗室，室内）	72
7	DSA 手术室拟建址下方（地下车库，室内）	61

注：上表数据已扣除检测仪器宇宙射线响应值。环境 γ 辐射剂量率测量测量结果按照《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）中公式$\dot{D}_\gamma = k_1 \times k_2 \times R_\gamma - k_3 \times \dot{D}_c$计算，其中，$k_1$为仪器检定/校准因子；$k_2$为仪器检验源效率因子；$k_3$为建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子，楼房取 0.8，平房取 0.9，原野、道路取 1。

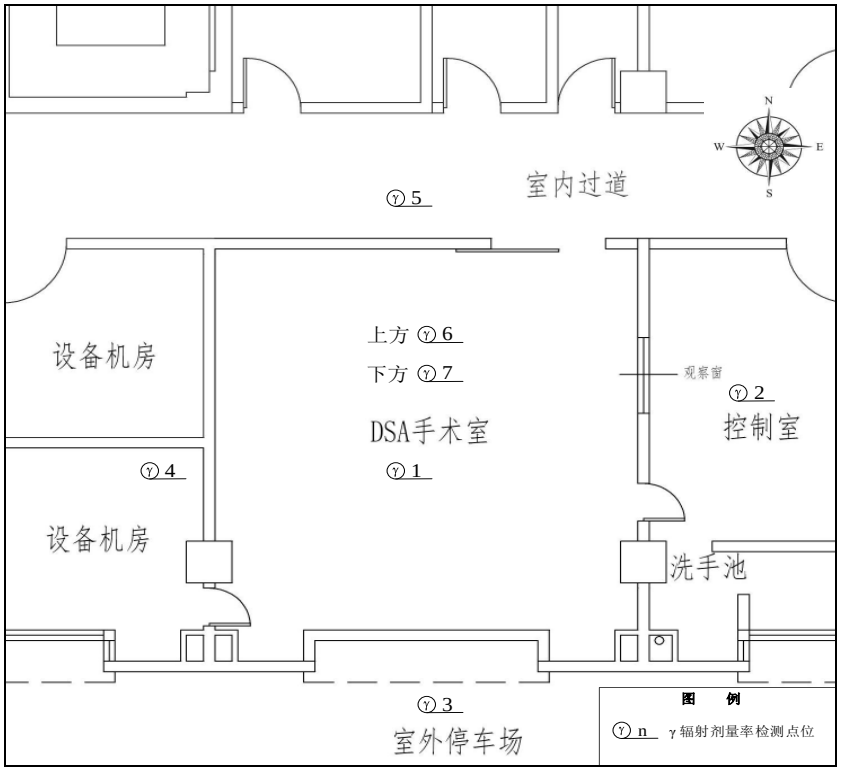


图 8-8 本项目 DSA 手术室拟建址周围环境γ辐射监测点位示意图

由表 8-1 中监测结果可知，南京脑科医院本次 DSA 改造项目拟建址室内（1#~2#点位和 4#~7#点位）周围环境天然 γ 辐射剂量率在 55nGy/h～72nGy/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（50.7nGy/h～129.4nGy/h）；室外（3#点位）周围环境 γ 辐射剂量率为 68nGy/h，属江苏省道路 γ 辐射（空气吸收）剂量率本底水平（18.1nGy/h～102.3nGy/h），均位于江苏省环境天然 γ 辐射水平涨落区间，属正常水平，场所未受到污染。

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

南京脑科医院拟将北院区 3 号楼一楼现有 DSA 手术室进行改造：在基础墙体不变的情况下，对机房各面增加相应的防护。同时将手术室内现有 Artis zee 型单球管 DSA 做报废处理，更换为 1 台 Azurion 7 B20 型 DSA，双球管，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 型臂 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。

本项目拟新增的 Azurion 7 B20 型 DSA 为双球管设备，配有一个落地 C 臂和 1 个悬吊 C 臂，落地 C 臂和悬吊 C 臂上分别设置有一套球管和平板探测器，其中落地 C 臂上的称为正位球管，悬吊 C 臂上的称为侧位球管，根据实际工作的需要，工作人员可以控制单球管出束或者是两个球管同时出束（两个球管同时出束曝光时间约占总曝光时间的 30%），正位球管的有用线束向上照射，侧位球管的有用线束由检查床左侧向右侧照射（以患者仰卧于检查床上为参照，本项目侧位球管的有用线束方向朝 DSA 机房西侧墙体照射，DSA 机房西侧为设备机房）。

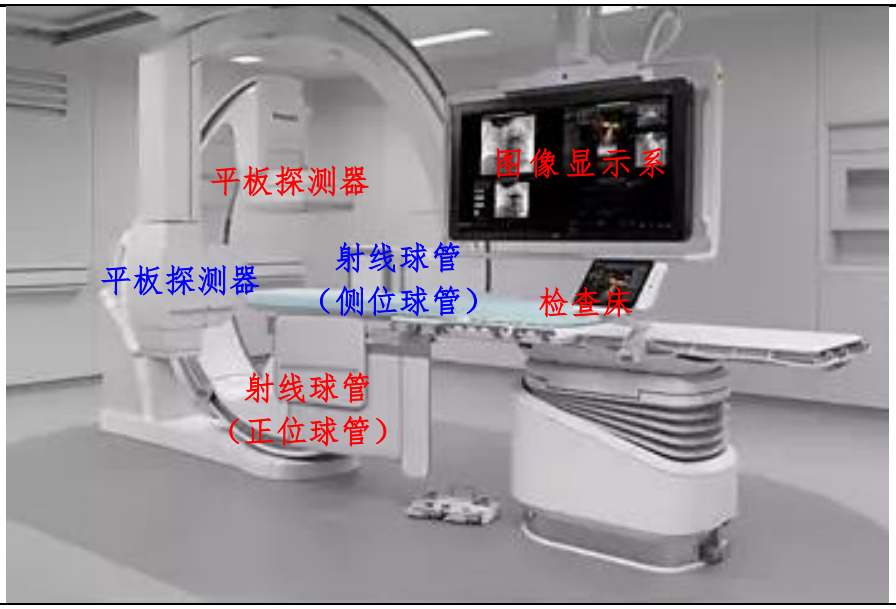


图 9-1 本项目 Azurion 7 B20 型 DSA 外观示意图

本项目 DSA 外观示意图见图 9-1，本项目拟新增 1 台 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	Azurion 7 B20 型（双球管）
位置	北院区 3 号楼一楼 DSA 手术室
额定管电压	≤125kV
额定管电流	≤1000mA
X 射线球管滤过条件	固有滤过≥2.5mmAl、附加滤过≥1.0mmCu
出束方向	正位球管：向上 侧位球管：侧向
焦皮距	正位球管：≥44.75cm 侧位球管：≥43.75cm
照射野	最小照射野：11cm×11cm 最大照射野：30cm×38cm

注：*本项目 DSA 技术参数由建设单位和供货商提供。

表 9-2 本项目 DSA 配套设备一览表

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

4	控制系统	1 套	DSA 设备操作	控制室

二、工作原理及工作流程

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 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脑血管造影所显示的图像更清晰和直观，一些精细的血管结构亦能显示出来。且对比度分辨率高，减去了血管以外的背景，尤其使与骨骼重叠的血管能清楚显示；由于造影剂用量少、浓度低、损伤小、较安全，节省胶片使造影价格低于常规造影。通过医用血管造影 X 射线机处理的图像，使血管的影像更为清晰，在进行介入手术时更为安全。DSA 系统结构图见图 9-2。

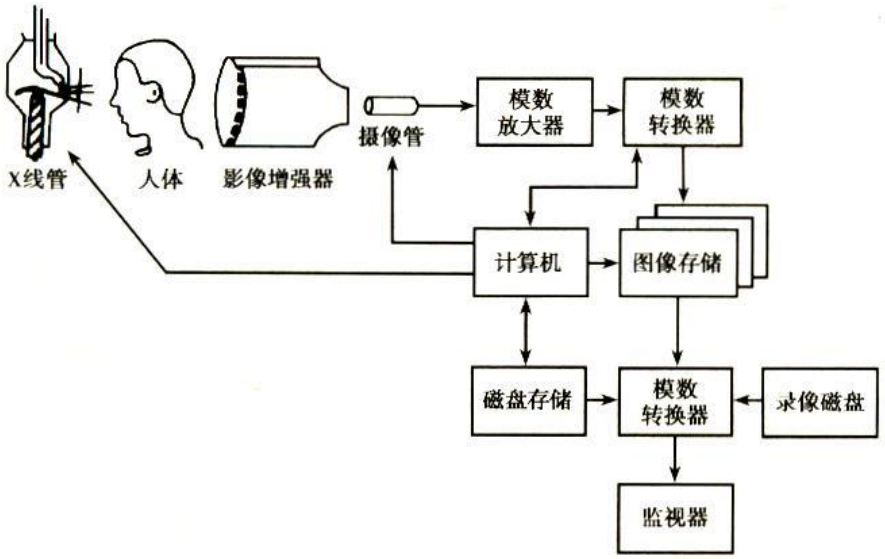


图 9-2 DSA 系统结构图

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

部位，对许多疾病实施局限性治疗。

2、工作流程及产污环节分析

患者在进行 DSA 诊断和在 DSA 引导下进行介入治疗时，先仰卧进行无菌消毒，局部麻醉后，经皮穿刺动脉，送入引导钢丝及扩张血管与外鞘，退出钢丝及扩张管将外鞘保留于静脉内，经鞘插入导管，推送导管，在 X 线透视下将导管送达静脉，顺序取血测定静、动脉，并留 X 线片记录，探查结束，撤出导管，穿刺部位止血包扎。本项目 DSA 在进行曝光时分为两种情况：

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

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

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

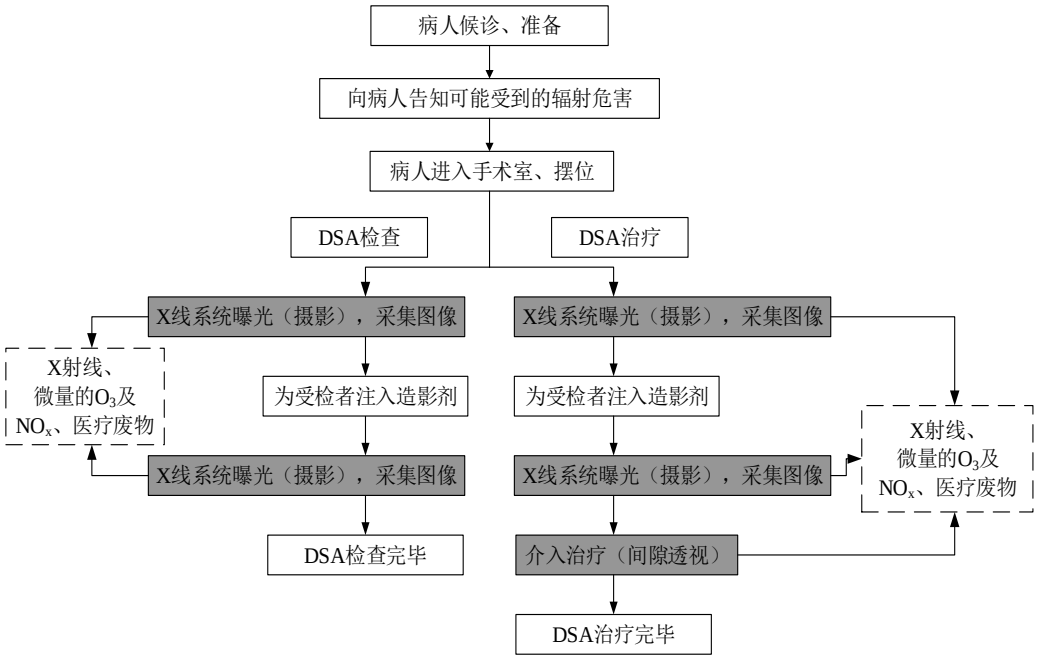


图 9-3 本项目 DSA 工作流程及产污环节示意图

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，拟配置 DSA 的双球管最大管电压均为 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。目前数字成像系统共有两种：影像增强器和平板探测器。影像增强器接收穿过患者躯体的 X 射线并转化为亮度增强数千倍的输出图像后，经摄像机转换为电子图像，再经 A/D 转换成数字图像；而平板探测器是直接接收穿过患者躯体的 X 线信息后转换成数字图像。现代大型 DSA 设备普遍使用平板探测器，器转换环节少，减少了噪声，使 X 线光子信号的损失降到了最低限度，大大提高了光电转换效率。不但保证了优质的图像质量，而且降低了射线剂量。而介入放射治疗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 Azurion 7 B20 型（双球管）DSA 的正位球管有用线束投射方向为向上，侧位球管的有用线束投射方向为向西。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 本项目拟新增 Azurion 7 B20 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	400 台	约 15min	约 100.0h
综合介入	200 台	约 10min	约 33.3h
小计	/	/	约 133.3h

（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	400 台	5-7s	16-50 次	约 6min	约 40.0h
综合介入	200 台	5-7s	2-30 次	约 3.5min	约 11.7h
小计	/	/	/	/	约 51.7h
总 计					约 185.0h

注：DSA 曝光时间中，正位球管单独出束占比约 60%，侧位球管单独出束占比约 10%，双球管同时出束占比约 30%。

南京脑科医院本次DSA改造项目，劳动定员6人（名单见表9-4），其中手术医生3人，技师1人，护士2人，本项目配备人员均为该DSA场所原有辐射工作人员，不兼职其它辐射工作。均参加了辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的学习及培训，且考核合格后上岗。根据医院提供的DSA工作负荷，机房内手术位辐射工作人员（医生、护士）年接触射线时间不超过133.3h，其中第一术者操作位医生每人年照射时间累积不超过61.6h、第二术者操作位医生、护士每人年照射时间累积不超过61.6h，技师在控制室进行隔室操作设备，隔室操作时间不超过185h，包括透视和摄影。辐射工作人员年工作250天。

表9-5 本项目已配备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
1	赵金兵	男	医生	FS21JS0101771
2	邱峰	男	医生	FS21JS0100697
3	杜明洋	男	医生	FS21JS0101739
4	李慧国	女	技师	FS21JS0100695
5	邢浪萍	女	护士	苏辐培201804336（已复训）
6	张娟	女	护士	FS20JS0100927

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

（二）废水

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。

（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（月排放量约10kg，则年排放总量约为120kg），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，交市政环卫部门处置。

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

南京脑科医院拟将北院区 3 号楼一楼现有 DSA 手术室新增 1 台 DSA（型号为 Azurion 7 B20 型，双球管，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 配套独立用房，房间由射线装置机房和操作台组成。DSA 机房操作台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》（GB18871-2002）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 机房等划分为控制区，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》（GB18871-2002）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、洗手池及设备机房属《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）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

科室名称	控制区	监督区
DSA	DSA 机房	控制室、洗手池及设备机房

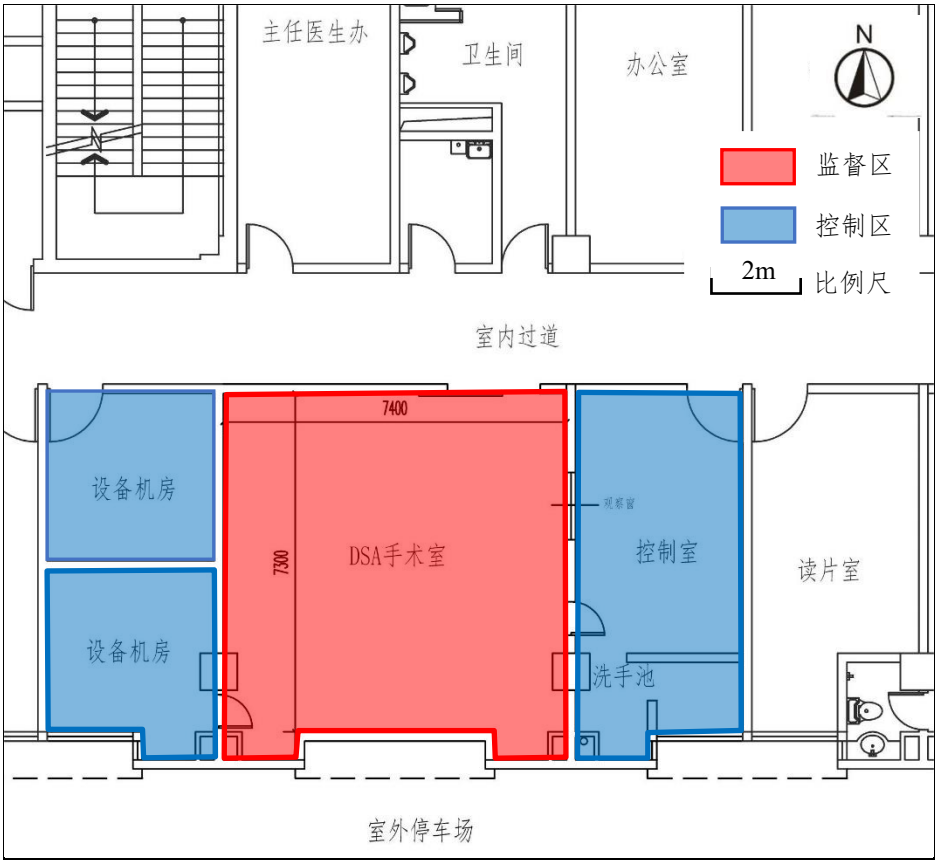


图 10-1 本项目工作场所辐射防护分区管理示意图

本项目 DSA 所在机房作为辐射防护控制区，与机房相邻的操作台、设备间、更衣室及卫生间划为监督区。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

本项目 DSA 机房位于医院北院区 3 号楼一楼，DSA 机房东西长约 7.40m，南北长 7.90m，有效使用面积约为 58.46m^2，层高 4.30m（装饰面层下机房高 2.98m），具体屏蔽设计参数见表 10-2。

表 10-2 DSA 机房屏蔽设计一览表

序号	射线装置名称型号	数量	最大管电压（kV）	最大管电流（mA）	工作场所名称	屏蔽设计参数（厚度及材质）*
1	DSA（Azurion 7 B20 型）	1 台	125	1000	北院区 3 号楼一楼 DSA 机房	西侧墙体：240mm 实心砖+30mm 硫酸钡涂层+1mm 铅板； 东、南、北侧墙：240mm 实心砖+30mm 硫酸钡涂层； 顶面：200mm混凝土+3mm铅当量铅板； 地面：200mm混凝土+30mm硫酸钡涂层； 防护门：4mm 铅当量铅板； 铅玻璃窗：4mm 铅当量铅玻璃
			125	1000		

注：铅密度为 11.3g/cm^3，混凝土密度为 2.35g/cm^3，硫酸钡涂层密度为 3.2g/cm^3。

本项目机房屏蔽设计时，机房电缆线通过低于地坪的“U”型地沟穿墙至操作台，地沟穿墙洞口处采用铅板进行覆盖；观察窗防护铅玻璃内嵌到防护墙内并在四周用铅皮进行包裹，机房门与墙、窗与墙之间的重叠应大于相关缝隙的 10 倍。

本项目 DSA 机房进风口位于在机房顶部，排风口位于机房两侧墙体底部，

距地面约 10cm。进出风管道穿防护墙处采用“L”型布设，分管采用 3mm 厚铅皮包裹，风管与墙体交接处使用 3mm 厚铅皮搭接，该措施满足防护屏蔽要求。

三、辐射安全措施

（一）电离辐射警告标志

DSA 机房入口处拟设置有“当心电离辐射”警告标志和中文警示说明。

（二）门灯联动

DSA 机房患者入口防护门上方拟设置工作状态指示灯，灯箱上拟设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句，且工作状态指示灯和与机房相通的门能有效联动，防护门关闭的情况下，工作状态指示灯才亮。本项目 DSA 机房北侧患者入口防护门为推拉式电动机房门，拟设置自动闭门装置和防夹措施，东侧医护入口防护门、西侧设备机房为平开机房门，拟设置曝光时关闭机房门的管理措施。

（三）急停按钮

DSA 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

DSA机房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机房控制室拟设置对讲装置，方便机房外工作人员与患者交流。

（五）防护用品

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

（六）人员监护

医院为本项目配备 6 名辐射工作人员，已为辐射工作人员配备个人剂量计，

采用双剂量计监测方法，并定期送检且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。医务人员在操作过程中遵守以上制度，严格按操作程序，避免发生事故。

（八）其他辐射安全措施

介入治疗需要长时间的透视和大量的摄片，对患者和医务人员来说辐射剂量较高，因此在评估介入放射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

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外，应着重考虑 X 射线机操作侧的屏蔽，该屏蔽要做到既不影响操作者的操作，又能达到防护目的，且能消毒。本项目 DSA 设备自带床侧防护帘、铅防护吊帘及铅悬挂防护屏，以上组合屏蔽防护措施的设置，能够有效降低介入手术医务人员的吸收剂量。

四、监测仪器和防护用品

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，使用Ⅱ类射线装置的单位应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。

南京脑科医院北院区已配备有辐射巡测仪 1 台、并为本项目配备个人剂量报警仪 6 台。医院为辐射工作人员配备个人防护用品（具体配备情况见表 10-2）。辐射工作人员工作时将佩戴个人剂量计，开展 DSA 介入治疗的辐射工作人员采用双剂量计监测方法，以监测累积受照情况。医院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。

表 10-2 个人防护用品和辅助防护设置配置符合性

设备名称	分项		《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求	本项目拟采取措施
DSA	工作人员	个人防护用品	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套 选配：铅橡胶帽子	4 件铅橡胶围裙（0.5mm 铅当量）、4 件铅橡胶围脖（0.5mm 铅当量）、4 顶铅橡胶帽子（0.5mm 铅当量）、4 副铅防护眼镜（0.025mm 铅当量）、4 副介入防护手套（0.025mm 铅当量）
		辅助防护设施	铅悬挂防护屏/铅防护吊帘、床侧防护帘/床侧防护屏 选配：移动铅防护屏风	1 个床侧防护帘（0.5mm 铅当量）、1 件铅悬挂防护屏（0.5mm 铅当量）
	受检者	个人防护用品	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套 选配：铅橡胶帽子	1 件铅橡胶围脖（0.35mm 铅当量）、1 件铅方巾（0.35mm 铅当量）
		辅助防护设施	/	/

三废治理

一、废气

DSA 在工作状态时，会使机房内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，少量臭氧和氮氧化物可通过通风系统排至室外，臭氧在常温下约 50 分钟可自行分

解为氧气，这部分废气对周围环境影响较小。

二、废水

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，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 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

南京脑科医院 DSA 改造项目拟建址位于医院北院区 3 号楼一楼 DSA 机房，建设时主要工作为墙体防护屏蔽加固、内饰装潢与设备移位就位，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防护屏蔽加固等作业，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，如设备移位就位与简单的内饰装潢等施工中都将产生不同程度的噪声，对周围环境造成一定的影响。在施工时严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）的标准，尽量采用噪声低的先进设备，同时严禁夜间进行强噪声作业。

3、固体废物：项目施工期间，会产生一定量以建筑垃圾为主的固体废弃物，委托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。装修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。

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，并经隔渣后达到允许排放浓度（＜0.5mg/L），最后排入市政污水管网。

医院在施工阶段计划采取上述污染防治措施，将施工期的影响控制在医院院区内部，对周围环境影响较小。

运行阶段对环境的影响

一、辐射环境影响分析

（一）DSA 机房的屏蔽防护铅当量厚度与标准要求的相符性分析评价

1、评价标准

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）表 3 规定，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 2.0mmPb。

2、本项目 DSA 机房各屏蔽部位的铅当量厚度核算

本项目 Azurion 7 B20 型 DSA 为双球管设备，其有用线束投射方向为由下至上、由南至北，即使旋转机头，向上/向北的散射线和漏射线的辐射影响要小于主束向上/向北的影响，所以本项目保守将 DSA 机房 1 顶部、北侧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，机房四侧和地面（非有用线束投射方向）的混凝土、实心砖、硫酸钡涂层及铅玻璃。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。。

（1）混凝土的等效铅当量厚度核算：

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

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

式中：*X*—不同屏蔽物质的铅当量厚度；

α、*β*、*γ*—相应屏蔽物质（本项目为混凝土）对相应管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

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

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

式中：*B*—给定铅厚度的屏蔽透射因子；

α、*β*、*γ*—铅对对相应管电压 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	0.0287	0.067	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混凝土、实心砖，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 混凝土、实心砖屏蔽透射因子 *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）	200mm 混凝土	1.87E-04	2.63
	240mm 实心砖	4.17E-04	2.28

（2）硫酸钡涂层的等效铅当量厚度核算：

本项目 DSA 机房非有用线束方向屏蔽材料使用了硫酸钡涂层，但 GBZ 130-2020 表 C.4～表 C.7 中缺相应数据，需采用以下方法估算相应的等效铅当量厚度：

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

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

式中：d_1—相应屏蔽材料（本项目为硫酸钡涂层）厚度，mm；

d_2—相应屏蔽材料的等效混凝土厚度，mm；

ρ_1—相应屏蔽材料密度，由建设单位提供，本项目硫酸钡涂层密度取 3.2g/cm^3；

ρ_2—混凝土密度，取 2.35g/cm^3。

然后再根据硫酸钡涂层的等效混凝土厚度按公式 11-1 计算其铅当量厚度，计算结果列于表 11-3。

表 11-3 相应屏蔽材料的等效混凝土厚度计算结果

相应屏蔽材料	相应屏蔽材料密度（g/cm^3）	混凝土密度（g/cm^3）	相应屏蔽材料厚度（mm）	等效混凝土厚度（mm）
硫酸钡涂层	3.2	2.35	30	40.8

分别按公式 11-2、公式 11-1 计算本项目 DSA 机房地面屏蔽体的屏蔽透射因子 *B*、铅当量厚度 *X*，计算结果列于表 11-4。

表 11-4 相应屏蔽材料蔽透射因子 *B*、铅当量厚度 *X* 计算结果

屏蔽材料	屏蔽透射因子 B	铅当量厚度 X（mm）
30mm 硫酸钡涂层	7.34E-02	0.43
200mm 混凝土+30mm 硫酸钡涂层（等效 240.8mm 混凝土）	4.45E-05	3.26

（3）DSA 机房的屏蔽防护铅当量厚度与标准要求的相符性

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

表 11-5 DSA 机房屏蔽设计评价结果表

屏蔽体	屏蔽设计参数	125kV 等效铅当量	标准要求 [1)]	评价
四侧墙体 [2)、3)]	西侧墙：240mm 实心砖+30mm 硫酸钡涂层+1mm 铅板	3.71mm	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
	其余各侧墙：240mm 实心砖+30mm 硫酸钡涂层	2.71mm		
顶面 [2)、3)]	200mm 混凝土+3mm 铅当量铅板	5.63mm		满足
地面 [2)]	200mm 混凝土+30mm 硫酸钡涂层	3.26mm		满足
防护门 [2)、3)]	3mm 铅当量铅板	4mm		满足
观察窗 [2)]	3mm 铅当量铅玻璃	4mm		满足
机房有效面积	7.3m×7.4m=54.02m^2，DSA 机房有效使用面积约为 54.02m^2，最小单边长度为 7.3m，层高 4.30m（装饰面层下机房高 2.98m）。		双管头 X 射线机机房内最小有效新建面积不小于 30m^2，单边长度不小于 4.5m。	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 11-5 可知，本项目 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 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）中双

管头 X 射线设备机房的相关要求，即：有效使用面积不少于 30m^2，最小单边长度不少于 4.5m。因此可推断 DSA 机房周围剂量当量率能够满足《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

本项目拟于医院北院区 3 号楼一楼 DSA 手术室配备的 Azurion 7 B20 型 DSA 为双球管（正位球管、侧位球管），正位球管的有用线束方向为顶面，侧位球管的有用线束为西面，两个球管可同时出束。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 机房预测点选取如下：

1#-东侧屏蔽墙外 30cm，控制室；

2#-东侧观察窗外 30cm，控制室；

3#-东侧防护门外 30cm，控制室；

4#-南侧屏蔽墙外 30cm，室外；

5#-西侧屏蔽墙外 30cm，设备机房；

6#-西侧防护门外 30cm，设备机房；

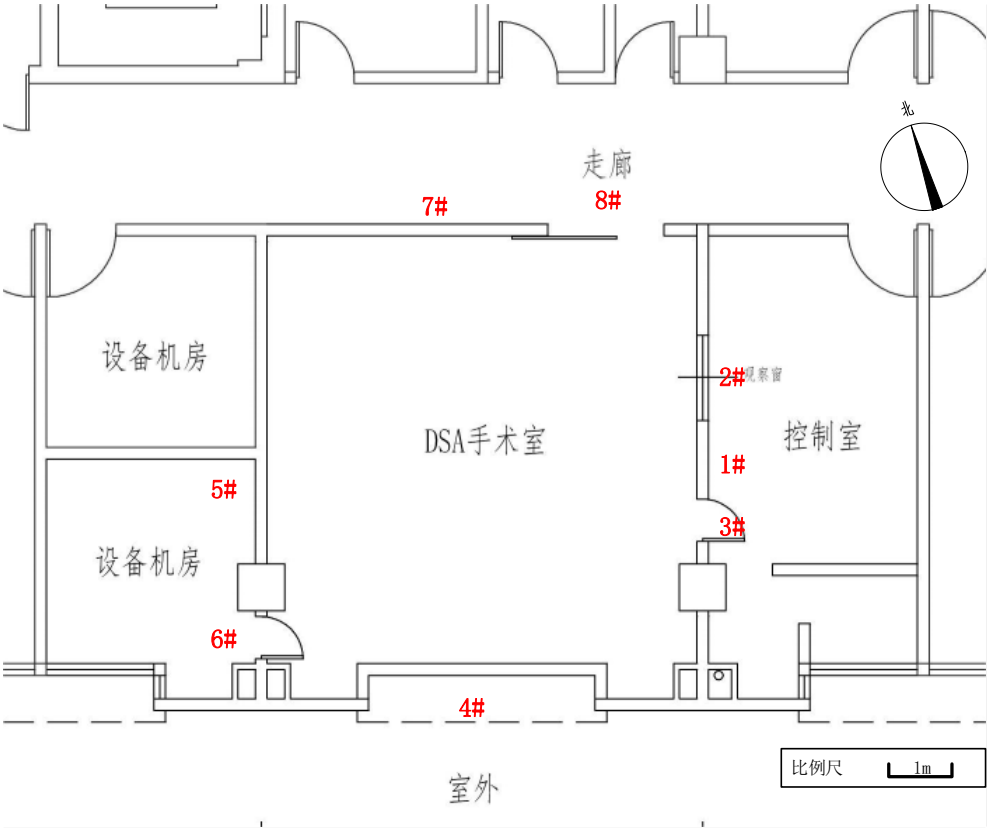
7#-北侧屏蔽墙外 30cm，走廊；

8#-北侧防护门外 30cm，走廊；

9#-机房下方（距楼下地面 170cm 处），车库；

10#-机房上方（距顶棚地面 100cm 处），治疗室。

共布设 10 个预测点，预测点布设见图 11-1 所示。



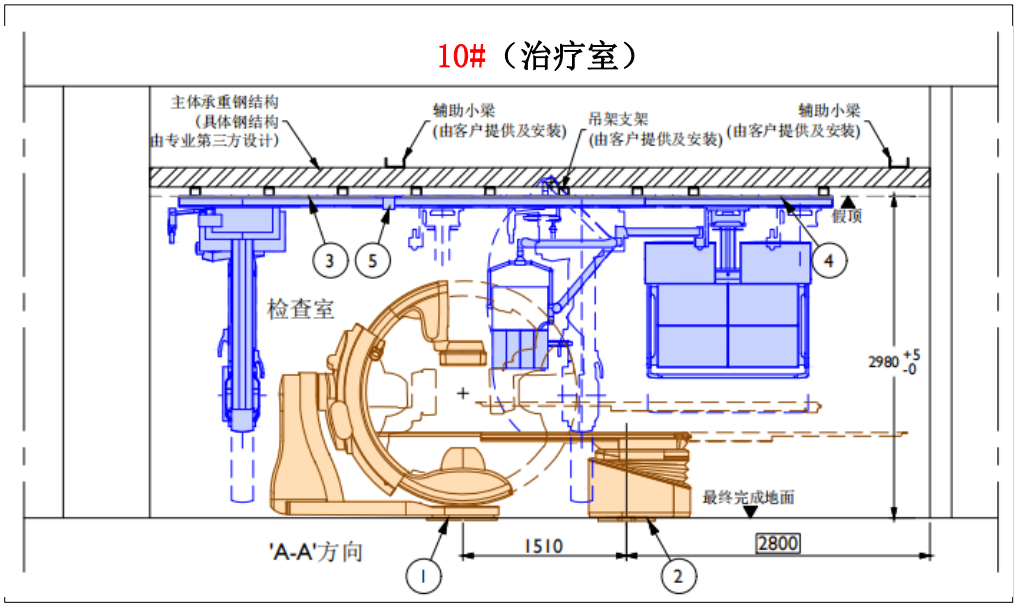


图 11-1 DSA 机房预测点布设示意图

表 11-6 本项目 DSA 的辐射影响情况

操作模式	正常运行时最大工况		辐射影响对象
摄影模式	正位球管	80kV/500mA	机房外公众、控制室操作人员
	侧位球管		
透视模式	正位球管	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
	侧位球管		

（1）关注点处有用线束辐射影响预测

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

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

式中：H—关注点处有用线束有效剂量率，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），$mGy\cdot m^2\cdot mA^{-1}\cdot min^{-1}$；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；

B—屏蔽材料对散射线的透射因子，无量纲，计算公式见公式 11-2；

K—有效剂量与空气比释动能转换系数，Sv/Gy，查《用于光子外照射防护的剂量转换系数》（GBZ/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。

鉴于本项目 DSA 运行时常用最大管电压为 80kV，从 NCRP147 报告 TABLE A.1 中查取铅对 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 11-1。

将前述有关参数代入公式 11-4，计算 DSA 机房 1 上方、西侧关注点处有用线束辐射影响水平，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）	X (mm)	B	d（m）	H（μSv/h）
5#-西侧屏蔽墙外 30cm 处（设备机房）1)	透视	300000	20	3.71	7.30E-09	4.2	1.34E-02
	摄影		500				3.34E-01
6#-西侧防护门外 30cm 处（设备机房）1)	透视	300000	20	4	7.30E-09	5.1	2.81E-03
	摄影		500				7.03E-02
10#-上方（治疗室）2)	透视	300000	20	5.63	1.01E-11	5.0	4.04E-06
	摄影		500				1.01E-04

注：1、侧位球管出束时产生的有用线束辐射，机房四侧屏蔽体外关注点位于屏蔽体外 30cm 处；

2、正位球管出束时产生的有用线束辐射，机房上方关注点位于距上方（楼上）地面 100cm 处。

（2）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：

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

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 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 $5mGy \cdot m^2 \cdot mA^{-1} \cdot min^{-1}$，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（正位球管）或东侧墙体、西侧墙体、顶面、地面（侧位球

管）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；对于散射线向机房地面、南侧墙体投射的情况，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；

S—主束在受照人体上的散射面积，根据建设单位提供参数，照射野最小为 11cm×11cm=121cm^2，最大为 30cm×38cm=1140cm^2，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，本项目正位球管的 d_0 取最小值 0.4475m、侧位球管的 d_0 取最小值 0.4375m（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 $E/E_0=1/[1+ E_0(1-\cos\theta)/0.511]= 1/[1+ 0.08\times(1-\cos90^\circ)/0.511]=0.865$，继而计算一次散射线能量 E 对应的 kV 值为 80kV×0.865=69.2 kV，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，计算响应的散射辐射屏蔽透射因子值，列于表 11-8；

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。

将前述有关参数代入公式 11-5，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 DSA 机房 1 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 11-8。

表 11-8 关注点处散射辐射剂量率计算结果

球管	关注点位置	操作	H_0（μGy·m^2/	I	X	B_s	d_0	d_s	H_s

位置			模式	（mA·h））	（mA）	（mm）		（m）	（m）	（μSv/h）
正位球管	1#-东侧屏蔽墙外30cm处（控制室）		透视	300000	20	2.71	2.70E-11	0.4475	4.20	3.83E-05
			摄影		500					9.57E-04
	2#-东侧观察窗外30cm处（控制室）		透视	300000	20	4	2.70E-11	0.4475	4.49	3.29E-08
			摄影		500					8.22E-07
	3#-东侧防护门外30cm处（控制室）		透视	300000	20	4	2.70E-11	0.4475	4.30	3.59E-08
			摄影		500					8.96E-07
	4#-南侧屏蔽墙外30cm处（室外）		透视	300000	20	2.71	2.70E-11	0.4475	3.85	4.56E-05
			摄影		500					1.14E-03
	5#-西侧屏蔽墙外30cm处（设备机房）		透视	300000	20	3.71	2.70E-11	0.4475	4.20	1.78E-07
			摄影		500					4.46E-06
	6#-西侧防护门外30cm处（设备机房）		透视	300000	20	4	2.73E-18	0.4475	5.10	1.21E-07
			摄影		500					3.02E-06
	7#-北侧屏蔽墙外30cm处（走廊）		透视	300000	20	2.71	2.70E-11	0.4475	4.45	3.41E-05
			摄影		500					8.53E-04
	8#-北侧防护门外30cm处（走廊）		透视	300000	20	4	2.70E-11	0.4475	4.87	2.80E-08
			摄影		500					6.99E-07
	9#-下方（车库）		透视	300000	20	3.26	2.70E-11	0.4475	3.30	3.64E-06
			摄影		500					9.10E-05
	第一术者	铅衣内	透视	300000	20	1	2.84E-04	0.4475	0.5	27.84
		铅衣外	摄影		20	0.5	5.35E-03	0.4475	0.5	525.1
	第二术者	铅衣内	透视	300000	20	1	2.84E-04	0.4475	1.0	6.96
		铅衣外	摄影		20	0.5	5.35E-03	0.4475	1.0	131.3
侧位球管	1#-东侧屏蔽墙外30cm处（控制室）		透视	300000	20	2.71	2.70E-11	0.4375	4.20	4.01E-05
			摄影		500					1.00E-03
	2#-东侧观察窗外30cm处（控制室）		透视	300000	20	4	2.70E-11	0.4375	4.49	3.44E-08
			摄影		500					8.60E-07
	3#-东侧防护门外30cm处（控制室）		透视	300000	20	4	2.70E-11	0.4375	4.30	3.75E-08
			摄影		500					9.38E-07
	4#-南侧屏蔽墙外30cm处（室外）		透视	300000	20	2.71	2.70E-11	0.4375	3.85	4.77E-05
			摄影		500					1.19E-03
	7#-北侧屏蔽墙外30cm处（走廊）		透视	300000	20	2.71	2.70E-11	0.4375	4.45	3.57E-05
			摄影		500					8.92E-04
	8#-北侧防护门外30cm处（走廊）		透视	300000	20	4	2.73E-18	0.4375	4.87	2.92E-08
			摄影		500					7.31E-07
	9#-下方（车库）		透视	300000	20	3.26	2.70E-11	0.4375	3.30	3.81E-06

			摄影		500					9.52E-05
	10#-上方（治疗室）		透视	300000	20	5.63	1.44E-09	0.4375	4.40	1.13E-11
			摄影		500					2.83E-10
	第一术者	铅衣内	透视	300000	20	1	2.84E-04	0.4375	0.5	58.26
		铅衣外	摄影		20	0.5	5.35E-03	0.4375	0.5	1099
	第二术者	铅衣内	透视	300000	20	1	2.84E-04	0.4375	1.0	14.57
		铅衣外	摄影		20	0.5	5.35E-03	0.4375	1.0	274.7

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

（3）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：

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

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 DSA 机房 1 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 11-9；

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，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 11-6，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 DSA 手术室外公众、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 11-9。

表 11-9 关注点处漏辐射剂量率计算结果

球管位置	关注点位置	H_i（mGy/h）	X（mm）	r（m）	B	H_L（μSv/h）
正位球管	1#-东侧屏蔽墙外 30cm 处（控制室）	1	2.71	4.20	1.34E-06	1.27E-04
	2#-东侧观察窗外 30cm 处（控制室）	1	4	4.49	7.30E-09	6.04E-07

	3#-东侧防护门外 30cm 处（控制室）		1	4	4.30	7.30E-09	6.59E-07
	4#-南侧屏蔽墙外 30cm 处（室外）		1	2.71	3.85	1.34E-06	1.51E-04
	5#-西侧屏蔽墙外 30cm 处（设备机房）		1	2.71	4.20	2.35E-08	2.23E-06
	6#-西侧防护门外 30cm 处（设备机房）		1	4	5.10	7.30E-09	4.68E-07
	7#-北侧屏蔽墙外 30cm 处（走廊）		1	2.71	4.45	1.34E-06	1.13E-04
	8#-北侧防护门外 30cm 处（走廊）		1	4	4.87	7.30E-09	5.14E-07
	9#-下方（车库）		1	3.26	3.30	1.45E-07	2.22E-05
	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
侧位球管	1#-东侧屏蔽墙外 30cm 处（控制室）		1	2.71	4.20	1.34E-06	1.27E-04
	2#-东侧观察窗外 30cm 处（控制室）		1	4	4.49	7.30E-09	6.04E-07
	3#-东侧防护门外 30cm 处（控制室）		1	4	4.30	7.30E-09	6.59E-07
	4#-南侧屏蔽墙外 30cm 处（室外）		1	2.71	3.85	1.34E-06	1.51E-04
	7#-北侧屏蔽墙外 30cm 处（走廊）		1	2.71	4.45	1.34E-06	1.13E-04
	8#-北侧防护门外 30cm 处（走廊）		1	4	4.87	7.30E-09	5.14E-07
	9#-下方（车库）		1	3.26	3.30	1.45E-07	2.22E-05
	10#-上方（治疗室）		1	5.63	4.4	1.01E-11	8.69E-10
	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，机房下方关注点位于距下方（楼下）地面 170cm 处，机房上方关注点位于距上方（楼上）地面 100cm 处。

（4）关注点处预测计算结果汇总

综上所述，DSA 机房关注点处的辐射剂量率理论估算结果汇总见表 11-10。

表 11-10 DSA 机房关注点处辐射剂量率计算统计结果

关注点位置		操作模式	X 射线辐射剂量率（μSv/h）						
			正位球管			侧位球管			合计
			有用线束	散射线	漏射线	有用线束	散射线	漏射线	
1#-东侧屏蔽墙外 30cm 处（控制室）		透视	/	3.83E-05	1.27E-04	/	4.01E-05	1.27E-04	3.32E-04
		摄影	/	9.57E-04		/	1.00E-03		2.21E-03
2#-东侧观察窗外 30cm 处（控制室）		透视	/	3.29E-08	6.04E-07	/	3.44E-08	6.04E-07	1.28E-06
		摄影	/	8.22E-07		/	8.60E-07		2.89E-06
3#-东侧防护门外 30cm 处（控制室）		透视	/	3.59E-08	6.59E-07	/	3.75E-08	6.59E-07	1.39E-06
		摄影	/	8.96E-07		/	9.38E-07		3.15E-06
4#-南侧屏蔽墙外 30cm 处（室外）		透视	/	4.56E-05	1.51E-04	/	4.77E-05	1.51E-04	3.95E-04
		摄影	/	1.14E-03		/	1.19E-03		2.63E-03
5#-西侧屏蔽墙外 30cm 处（设备机房）		透视	/	1.78E-07	2.23E-06	1.34E-02	/	/	1.34E-02
		摄影	/	4.46E-06		3.34E-01	/		3.34E-01
6#-西侧防护门外 30cm 处（设备机房）		透视	/	1.21E-07	4.68E-07	2.81E-03	/	/	2.81E-03
		摄影	/	3.02E-06		7.03E-02	/		7.03E-02
7#-北侧屏蔽墙外 30cm 处（走廊）		透视	/	3.41E-05	1.13E-04	/	3.57E-05	1.13E-04	2.96E-04
		摄影	/	8.53E-04		/	8.92E-04		1.97E-03
8#-北侧防护门外 30cm 处（走廊）		透视	/	2.80E-08	5.14E-07	/	2.92E-08	5.14E-07	1.09E-06
		摄影	/	6.99E-07		/	7.31E-07		2.46E-06
9#-下方（车库）		透视	/	3.64E-06	2.22E-05	/	3.81E-06	2.22E-05	5.19E-05
		摄影	/	9.10E-05		/	9.52E-05		2.31E-04
10#-上方（治疗室）		透视	4.04E-06	/	/	/	1.13E-11	8.69E-10	4.04E-06
		摄影	1.01E-04	/		/	2.83E-10		1.01E-04
第一术	铅衣内	透视	/	27.84	9.55	/	58.26	9.55	105.2

者	铅衣外	透视	/	525.1	91.54	/	1099	91.54	1807
第二术者	铅衣内	透视	/	6.96	2.39	/	14.57	2.39	26.31
	铅衣外	透视	/	131.3	22.88	/	274.7	22.88	451.8

由表 11-10 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；双球管同时出束时关注点处的辐射剂量率大于单个球管出束时的辐射剂量率。保守按照摄影模式下双球管同时出束的情况估算机房外关注点处的辐射剂量率，则机房外辐射工作人员关注点剂量率最大为 2.21E-03μSv/h，出现在东侧屏蔽墙外控制室关注点处；公众关注点剂量率最大为 3.34E-01μSv/h，出现在西侧屏蔽墙外设备机房关注点处，本项目 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）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、控制室辐射工作人员年有效剂量计算采用联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）2000 年报告附录 A 中的计算公式进行估算：

$$H_{Er} = H_r \times T \times t \qquad \text{公式 11-7}$$

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）给出的公式进行估算：

$$E = \alpha H_u + \beta H_o \qquad \text{公式 11-8}$$

式中：α—系数，有甲状腺屏蔽时，取 0.79，无屏蔽时，取 0.84；

H_u—铅围裙内佩戴的个人剂量计测得的 H_p（10），mSv；

β—系数，有甲状腺屏蔽时，取 0.051，无屏蔽时，取 0.100；

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

2、年有效剂量估算

将有关参数代入公式 11-7，估算 DSA 机房四周公众及控制室辐射工作人员的年附加剂量，见表 11-11。

表 11-11 DSA 机房四周公众及控制室辐射工作人员的年附加剂量

关注点位置		操作模式	t（h）[1]	T	辐射剂量率（μSv/h）[2]	年有效剂量 H_{Er}（mSv/a）	
DSA 机房	1#-东侧屏蔽墙外 30cm 处（控制室）	透视	133.3	1	3.32E-04	4.43E-05	＜0.01
		摄影	51.7		2.21E-03	1.14E-04	
	2#-东侧观察窗外 30cm 处（控制室）	透视	133.3	1	1.28E-06	1.71E-07	＜0.01
		摄影	51.7		2.89E-06	1.49E-07	
	3#-东侧防护门外 30cm 处（控制室）	透视	133.3	1	1.39E-06	1.85E-07	＜0.01
		摄影	51.7		3.15E-06	1.63E-07	
	4#-南侧屏蔽墙外 30cm 处（室外）	透视	133.3	1/16	3.95E-04	3.29E-06	＜0.01
		摄影	51.7		2.63E-03	8.50E-06	
	5#-西侧屏蔽墙外 30cm 处（设备机房）	透视	133.3	1/16	1.34E-02	1.12E-04	＜0.01
		摄影	51.7		3.34E-01	1.08E-03	
	6#-西侧防护门外 30cm 处（设备机房）	透视	133.3	1/16	2.81E-03	2.34E-05	＜0.01
		摄影	51.7		7.03E-02	2.27E-04	
	7#-北侧屏蔽墙外 30cm 处（走廊）	透视	133.3	1/4	2.96E-04	9.83E-06	＜0.01
		摄影	51.7		1.97E-03	2.55E-05	
	8#-北侧防护门外 30cm 处（走廊）	透视	133.3	1/4	1.09E-06	3.63E-08	＜0.01
		摄影	51.7		2.46E-06	3.18E-08	
	9#-下方（车库）	透视	133.3	1/16	5.19E-05	4.32E-07	＜0.01
		摄影	51.7		2.31E-04	7.46E-07	
	10#-上方（治疗室）	透视	133.3	1	4.04E-06	5.39E-07	＜0.01
		摄影	51.7		1.01E-04	5.22E-06	

注：1、DSA 机房 1 内设备透视模式年曝光时间约 133.3h，摄影模式年曝光时间约 51.7h，详见表 9-3；

2、计算 DSA 机房 1 四周公众和辐射工作人员的年附加剂量时，保守选取双球管同时出束时关注点处辐射剂量率。

由表 11-11， DSA 机房四周公众、控制室辐射工作人员的年附加剂量均＜

0.01mSv，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管理目标剂量约束值要求（职业人员年有效剂量不超过5mSv，公众年有效剂量不超过0.1mSv）。

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 11-12。

表 11-12 DSA 机房内介入操作人员年有效剂量估算结果

位置	α	β	部位	辐射剂量率（μSv/h）		年照射时间（h）[1)]		年有效剂量（mSv）[2)]
				正位球管	侧位球管	正位球管	侧位球管	
第一术者	0.79	0.051	铅衣内	37.39	67.81	120.0	53.3	13.41（7.32+6.09）
			铅衣外	616.6	1191			
第二术者			铅衣内	9.35	16.96			3.35（1.83+1.52）
			铅衣外	154.2	297.6			
			铅衣外	152.7	/			

注：1、DSA 机房内设备年透视曝光时间为 133.3h，其中，正位球管单独出束占比约 60%，侧位球管单独出束占比约 10%，双球管同时出束占比约 30%；则正位球管透视模式年曝光时间为 120.0h（占比 60%+30%），侧位球管透视模式年曝光时间约 53.3h（占比 10%+30%）；

2、年有效剂量为第一、第二术者操作位全年受到的累积有效剂量。

由表 11-12 可知，DSA 机房内的介入操作第一、第二术者操作位的年有效剂量分别为 13.41mSv、3.35mSv；第一术者操作位由 3 人承担（第一术者操作位每人年照射时间累积不超过 61.6h）、第二术者操作位由 1 人承担，机房内护士保守参考第二术者操作位估算年有效剂量，均能满足工作人员项目管理目标 5mSv 的要求。

本项目 Azurion 7 B20 型 DSA 为双球管设备，当两个球管同时出束时，对术者操作位的辐射影响较大，建议医院根据实际情况，在不影响介入辐射工作人员的手术操作条件下，增加铅防护吊帘、床侧防护帘等辅助防护设施的配置数量，并对辅助防护设施的面积和形状进行针对性设计，以降低术者受到的辐射剂量，介入辐射工作人员手术过程中，尽量远离球管位置，避免 X 射线朝术者位置方向照射。

对于介入手术，由于其实际工作中 DSA 透视工况及操作时间的不确定性，辐射工作人员需要依靠佩戴个人剂量计进行跟踪性监测才能准确的测定其受照

剂量的大小，按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）要求进行佩戴，开展 DSA 介入治疗的辐射工作人员采用双剂量计监测方法，医院应加强对介入手术工作人员的个人剂量监测管理，在日常检测中发现个人剂量异常的，应当对有关人员采取保护措施，并在接到监测报告之日起五日内报告发证的生态环境、卫生健康部门调查处理。介入手术工作人员均按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）穿戴防护用品（铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套等），并充分利用自带的铅悬挂防护屏及床侧防护帘等做好自身防护，确保其年有效剂量满足标准限值要求。

（四）保护目标年有效剂量估算

本项目 DSA 机房周围 50m 评价范围为院内建筑，DSA 机房四周与本项目保护目标最近距离保守取 1.5m，DSA 机房楼上和楼下与本项目保护目标最近距离保守取 1m，考虑距离对射线的衰减作用，本项目 DSA 机房周围 50m 评价范围内环境保护目标处辐射剂量率及公众年受剂量见表 11-13。

表 11-13 DSA 机房周围 50m 评价范围内环境保护目标处辐射剂量率及公众年有效剂量

环境保护目标	DSA 机房外参考点最大剂量率估算值（μSv/h）	距离 R（m）	剂量率估算值（μSv/h）	年照射时间（h）	年有效剂量（mSv/a）
北院区 3 号楼一楼 DSA 机房四周	3.34E-01	1.5	1.48E-01	185	2.74E-02
北院区 3 号楼一楼 DSA 机房楼上	1.01E-04	1	1.01E-04	185	1.87E-05

由表 11-13 计算结果可知，机房 50m 评价范围内环境保护目标处公众年受照剂量最大为 2.74E-02mSv（双球管同时出束的情况下保守计算得出），能够满足公众年有效剂量不超过 0.1mSv。

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

（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，作为医疗废物由医院统一委托有资质单位进行处置。

事故影响分析

一、主要事故风险

本项目新增的 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机手术室，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

南京脑科医院拟在院区 3 号楼一楼 DSA 机房 1 新增 1 台 DSA（型号为 Azurion 7 B20，双球管，最大管电压均为 125kV，最大管电流均为 1000mA），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参加考核。

南京脑科医院已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，由放射科主任担任辐射安全领导管理小组组长和辐射防护负责人，负责全院的辐射安全管理工作，组员覆盖各辐射科室，并以文件形式明确管理人员职责。医院应根据本次新增 1 台 DSA 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。本项目配备人员均为该 DSA 场所原有辐射工作人员，不兼职其他放射工作，拟配备 6 名辐射工作人员，新进的辐射工作人员须通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规，参加“医用 X 射线诊断与介入放射学”辐射安全与防护考核，辐射防护管理人员需参加“医学其他”辐射安全与防护考核，合格后方可上岗。

辐射安全管理规章制度

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”。目前南京脑科医院已制定相关辐射安全与防护管理制度，如《医院放射防护委员会职责》《放射人员健康及个人

剂量管理制度》《介入手术室管理制度》《DSA 操作规程》《介入诊疗工作制度》《放射工作人员培训管理制度》《放射突发事件应急预案》等。医院现有管理制度内容较为全面，基本满足医院从事相关辐射活动辐射安全和防护管理的要求，拟根据本次新增 1 台 DSA 项目的特点及以下内容制定并完善相关制度，并落实到实际工作中，严格执行，加强辐射安全管理。

一、操作规程

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

三、辐射防护和安全保卫制度

医院已根据射线装置的具体情况制定相应的《辐射防护和安全保卫制度》。重点是：

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

（二）工作人员定期开展个人剂量检测和职业健康监护。

四、设备维修制度

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

五、人员培训计划和健康管理制度

医院已制定《放射工作人员培训管理制度》，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。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，该单位应制定监测方案，重点是：

（一）明确监测项目和频次；

（二）辐射工作人员个人剂量监测数据应建立个人剂量档案，依据《江苏省辐射污染防治条例》（2018 年修正），在日常检测中发现个人剂量异常的，应当对有关人员采取保护措施，并在接到监测报告之日起五日内报告发证的生态环境、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，南京脑科医院已配备有辐射巡测仪 1 台和个人剂量报警仪 6 台，用于辐射防护监测和报警，同时结合本项目实际情况，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/季）送有资质机构进行个人剂量监测，建立个人剂量档案；

三、定期使用辐射监测仪器对项目周围辐射环境进行自检，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。

南京脑科医院已根据上述监测计划，明确监测项目，定期（不少于 1 次/季）使用辐射监测仪器对项目周围辐射环境进行自检，并保留自检记录，每年委托有资质的单位定期对项目周围环境 X-γ 辐射剂量率进行监测，监测结果上报生态环境行政主管部门。

南京脑科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/季）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以及职业健康监护、个人剂量监测档案的存放保管。

南京脑科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《2022 年度安全和防护状况年度评估报告》显示，2022 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。

2022 年度医院已委托有资质的单位开展了辐射工作场所的辐射安全与防护年度监测，监测结果均符合国家相关标准要求；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国家相关标准要求。

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。

南京脑科医院有限公司已经制定了《放射安全事件应急处置预案》，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

南京脑科医院拟将北院区 3 号楼一楼现有 DSA 手术室进行改造：在基础墙体不变的情况下，对机房各面增加相应的防护。同时将手术室内现有 Artis zee 型单球管 DSA 做报废处理，更换为 1 台 Azurion 7 B20 型 DSA，双球管，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、项目建设的必要性及产业政策符合性

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

三、实践正当性

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

四、选址合理性

南京脑科医院位于南京市鼓楼区广州路 264 号、南京市鼓楼区广州路 215 号，医院东侧为广州路，南侧和西侧均为江苏省人民医院院区，北侧为南京师范大学（随园校区）。

南京脑科医院 DSA 机房位于医院北院区 3 号楼一楼，3 号楼东侧为院内道路和高压氧舱治疗室，南侧为停车场和院区边界围墙，西侧为院区边界围墙，北侧为行政楼、院内道路及绿化。

本项目 DSA 机房位于北院区 3 号楼一楼，其东侧为控制室和洗手池，南侧为室外停车场，西侧为设备机房，北侧为走廊，机房下方为车库，机房上方为认知治疗室和语言治疗室。

本项目 DSA 机房周围 50m 评价范围内南侧和西侧为江苏省人民医院院区内，其余均位于医院边界内，评价范围内无学校、居民区等环境敏感点，项目运行后的环境保护目标主要为从事本项目的辐射工作人员、院内的其他医务人员、病患和院内公众等。

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

本项目射线装置机房与控制室分开，控制区、监督区划分明确，选址及布局合理。

五、辐射环境现状

本项目 DSA 机房拟建址周围本底辐射剂量率在 55nGy/h～72nGy/h 之间，位于江苏省环境天然γ辐射水平涨落区间。

六、环境影响评价

根据理论估算结果，南京脑科医院 DSA 改造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以及本项目的目标管理值要求（职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv）。

七、主要污染源及拟采取的主要辐射安全防护措施

南京脑科医院拟于医院北院区 3 号楼一楼 DSA 机房内配备的 1 台 Azurion 7 B20 型双球管 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。

八、辐射安全管理评价

南京脑科医院已设定专门的辐射安全与环境保护管理机构，指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以医院内部文件形式明确其管理职责。医院已制定较为完善的辐射安全管理制度，建议根据本报告的要求，对照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，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。

南京脑科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。医院已配备辐射巡测仪 1 台和个人剂量报警仪 6 台。此外，医院应根据 GBZ 130-2020 的要求，为辐射工作人员和受检者配备足够数量的个人防护用品和辅助防护设施。

综上所述，南京脑科医院 DSA 改造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、医院取得本项目环评批复后，应及时申请辐射安全许可证，按照法规要求开展竣工环境保护验收工作，环境保护设施的验收期限一般不超过 3 个

月，最长不超过 12 个月。

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：本项目 1 座 DSA 机房侧墙体采用实心砖加硫酸钡、顶面采用混凝土加铅板、地面采用混凝土进行屏蔽，各防护门均采用铅防护门，观察窗为铅玻璃观察窗。工作人员和周围公众的年有效剂量符合本项目剂量约束值要求。	满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（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剂量约束值要求。	96
	安全措施（警示标志、工作状态指示灯等）：本项目 1 座 DSA 机房入口处拟设置“当心电离辐射”警告标志和工作状态指示灯；DSA 机房设有闭门装置，机房内外均设置有急停按钮。	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参加辐射安全与防护学习及培训，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。	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。	/
	已配备个人剂量报警仪 6 台。		
	DSA 介入治疗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。	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。	4

辐射安全管理制度	操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、辐射事故应急措施等制度：根据环评要求，按照项目的实际情况，补充相关内容，建立完善、内容全面、具有可操作性的辐射安全规章制度。	已满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》相关要求。	/
总计	/	/	100

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