2024-F-064

核技术利用建设项目

苏州市立医院

新增一台 DSA 项目环境影响报告表

苏州市立医院（盖章）

2024 年 8 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

苏州市立医院

新增一台 DSA 项目环境影响报告表

建设单位名称：苏州市立医院

建设单位法人代表（签名或盖章）：

通讯地址：苏州市吴中区太湖街道天鹅荡路 80 号

邮政编码：215104　　联系人：

电子邮箱：/　　联系电话：

目录

表 1 项目基本情况 1
表 2 放射源 4
表 3 非密封放射性物质 4
表 4 射线装置 5
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物） 6
表 6 评价依据 7
表 7 保护目标与评价标准 9
表 8 环境质量和辐射现状 14
表 9 项目工程分析与源项 19
表 10 辐射安全与防护 25
表 11 环境影响分析 32
表 12 辐射安全管理 46
表 13 结论与建议 50
附表：本项目“三同时”措施一览表 53
表 14 审批 55
附图： ..... **错误!未定义书签。**
附件： ..... **错误!未定义书签。**

表 1 项目基本情况

<table>
<tr><td colspan="2">建设项目名称</td><td colspan="6">新增一台 DSA 项目</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设单位</td><td colspan="6">苏州市立医院</td></tr>
<tr><td colspan="2">法人代表</td><td>张洪</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="6">苏州市道前街 26 号</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目建设地点</td><td colspan="6">苏州市吴中区太湖街道天鹅荡路 80 号</td></tr>
<tr><td colspan="2">立项审批部门</td><td colspan="2">/</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>800</td><td>项目环保投资（万元）</td><td>80</td><td>投资比例（环保投资/总投资）</td><td>10%</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目性质</td><td colspan="3">☑ 新建 □改建 □ 扩建 □其它</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="5">□I类 □II类 □III类 □IV类 □V类</td></tr>
<tr><td>□使用</td><td colspan="5">□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="5">□制备 PET 用放射性物质</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="5">/</td></tr>
<tr><td>□使用</td><td colspan="5">□乙 □丙</td></tr>
<tr><td rowspan="3">射线装置</td><td>□生产</td><td colspan="5">□II类 □III类</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="5">□II类 □III类</td></tr>
<tr><td>☑ 使用</td><td colspan="5">☑II类 □III类</td></tr>
<tr><td>其他</td><td colspan="6">/</td></tr>
</table>

项目概述

1 建设单位基本情况、项目建设规模及任务由来

1.1 建设单位基本情况

苏州市立医院至今已有 70 余年历史，是一所三级甲等综合医院，目前设有太湖总院、道前院区、白塔院区、山塘院区、康复院区和妇幼院区等多个院区。

苏州市立医院太湖总院原名称为苏州市太湖新城医院，位于苏州市吴中区太湖街道天鹅荡路 80 号，是苏州“一核四城”城市发展战略的重要组成部分，拟规划建设为一所三级甲等综合医院，重点发展肿瘤特色专科。医院主要建筑为医疗综合楼、科研综合楼。医疗综合楼共地下三层，地上十三层， 包括门诊、急诊、医技、住院、机电站房、停车等功能；科研综合楼共地下三层，地上八层，包括科研实验、科研办公、行

政办公、学术报告厅等功能。太湖总院院区环评于2020年1月取得苏州吴中经济技术开发区管理委员会批复，批复文件号为：吴开管委审环建[2020]第4号，批复内容详见附件 6。太湖总院院区核技术利用项目环评于 2020 年 7 月取得江苏省生态环境厅批复，建设内容包括核医学科、放疗科和DSA介入诊断项目，项目正在建设中，批复内容详见附件 7。2024 年 3 月“苏州市太湖新城医院”更名为苏州市立医院太湖总院，更名文件见附件8。

1.2 项目建设规模及任务由来

因发展需要，苏州市立医院计划在太湖总院院区医疗综合楼四层手术中心新建一座 DSA 复合手术室及辅助用房。医院计划在 DSA 复合手术室内配置一台 ARTIS Phone 型 DSA，最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA，用于介入诊断和治疗。医院计划为本项目配备5名辐射工作人员，负责其工作。

医院本次核技术利用情况见表1-1：

表 1-1 本项目核技术利用情况一览表

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
DSA	II	1	ARTIS Phone	125	1000	诊断、介入治疗	太湖总院医疗综合楼四层手术中心 DSA 复合手术室	新增

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》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》、《建设项目环境影响评价分类管理名录》等法律、法规和部门规章的规定，本项目涉及使用II类射线装置，应编制核技术利用项目环境影响评价报告表。受苏州市立医院太湖总院委托，江苏玖清玖蓝环保科技有限公司承担该项目的环境影响评价工作。我公司通过资料调研、现场监测、评价分析，编制该项目环境影响报告表。

2 项目周边保护目标及项目选址情况

苏州市立医院太湖总院位于苏州市吴中区太湖街道天鹅荡路 80 号，其东侧为龙翔路，南侧为天鹅荡路，西侧为苏东运河，北侧为沪常高速，具体地理位置见附图1，医院平面布局见附图2。

本项目 DSA 复合手术室位于医疗综合楼四层手术中心，其东侧为控制室、设备

间和手术中心用房，南侧为污物走道、手术中心用房，西侧为 23 号手术室、体外循环间和手术中心用房，北侧为洁净走道、手术中心用房。上方为设备机房，下方为超声科、候诊大厅。医疗综合楼四层平面布局图见附图 3，医疗综合楼三层、五层平面布局图见附图 4、附图 5。

根据本项目的特点，结合《辐射环境保护管理导则-核技术利用项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的相关规定“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”。因此，确定本项目评价范围为 DSA 复合手术室界外 50m 的范围，如附图 2 所示。根据现场调查分析及附图 2 可知，本项目保护目标主要为辐射工作人员，医疗综合楼、2 号住院楼内医护人员、患者及患者家属、院内道路的行人。

3 原有核技术利用建设项目许可情况

苏州市立医院目前已取得辐射安全许可证，编号为苏环辐证[00187]，许可种类和范围为：使用III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。许可内容见辐射安全许可证（附件 3），均已履行环保手续。

4 实践正当性分析

本项目的建设可以更好地满足患者多层次、多方位、高质量和文明便利的介入治疗和诊断需求，提高患者治疗能力。本项目的开展可达到一般非放射性治疗和诊断方法所不能及的治疗效果，对保障人民群众身体健康、拯救生命起了十分重要的作用。医院通过采取相应的辐射防护措施和管理措施，本项目运行后产生的辐射影响很小。因此，本项目所带来的利益是大于付出的代价的，因此符合辐射防护“实践的正当性”原则。

表 2 放射源

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

注：放射源包括放射性中子源，对其要说明是何种核素以及产生的中子流强度（n/s）。

表 3 非密封放射性物质

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

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

表 4 射线装置

（一）加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各类型加速器

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

（二）X 射线机：包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压（kV）	最大管电流（mA）	用途	工作场所	备注
1	DSA	II	1	ARTIS Phone	125	1000	诊断、介入治疗	太湖总院医疗综合楼四层手术中心 DSA 复合手术室	新增
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

（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	年排放量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	/	少量	/	不暂存	直接排入大气，臭氧的有效化学分解时间约为50 分钟
医用器具、纱布手套等医疗废物	固态	/	/	/	200kg	/	放于污洗间	由医院统一作为医疗废物处理
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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.含有放射性的废弃物要注明，其排放浓度用比活度(Bq/l，或 Bq/kg，或 Bq/m^3)，年排放总量分别用 Bq 和 kg。

表 6 评价依据

法规文件	（1）《中华人民共和国环境保护法》（2014 年修订），中华人民共和国主席令第 9 号公布，2015 年 1 月 1 日起施行 （2）《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年修正），中华人民共和国主席令第 24 号公布，2018 年 12 月 29 日起施行 （3）《中华人民共和国放射性污染防治法》，主席令第 6 号，2003 年 10 月 1 日起施行 （4）《建设项目环境保护管理条例》（2017 年修正版），国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日起施行 （5）《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019 年修正版），国务院令第 709 号，2019 年 3 月 2 日施行 （6）《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，中华人民共和国生态环境部令第 16 号公布，自 2021 年 1 月 1 日起施行 （7）《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 6 日起施行 （8）《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修正）生态环境部令第 20 号，2021 年 1 月 4 日起施行 （9）《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 （10）《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》国家环保总局，环发[2006]145 号，2006 年 9 月 26 日起施行 （11）《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，自 2019 年 11 月 1 日起施行 （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 11 月 1 日起施行 （13）《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，生态环境部公告 2019 年 第 57 号，2020 年 1 月 1 日起施行 （14）《生态环境部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 11 月 1 日起施行 （15）《江苏省辐射污染防治条例》（2018 年修正版），江苏省第十三届

	人民代表大会常务委员会公告第 2 号，2018 年 5 月 1 日起施行 （16）《江苏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 （17）《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 （18）《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
技术标准	（1）《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016） （2）《辐射环境保护管理导则-核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016） （3）《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021） （4）《建设项目竣工验收环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ1326-2023） （5）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021） （6）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002） （7）《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） （8）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019） （9）《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）
其它	**与本项目相关附件：** （1）委托书（附件 1） （2）射线装置使用承诺书（附件 2） （3）辐射安全许可证（附件 3） （4）DSA 复合手术室屏蔽防护参数（附件 4） （5）辐射环境现状检测报告（附件 5） （6）医院非辐射建设项目环评批复（附件 6） （7）医院核技术利用建设项目环评批复（附件 7） （8）医院更名文件（附件 8）

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

根据本项目的特点，结合《辐射环境保护管理导则-核技术利用项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的相关规定“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”。因此，确定本项目评价范围为 DSA 复合手术室边界外 50m 的范围内区域，如附图 2 所示。

保护目标

本项目评价范围内不涉及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区。对照《江苏省国家级生态保护红线规划》（苏政发〔2018〕74 号）及《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），本项目评价范围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。

根据现场调查可知，本项目评价范围确定为 DSA 复合手术室边界外 50m 的范围内区域。根据现场调查可知，本项目 DSA 复合手术室边界外 50m 范围内区域中，无居民区、学校等环境敏感目标。因此本项目保护目标主要为辐射工作人员，医疗综合楼、2 号住院楼内医护人员、患者及患者家属、院内道路的行人。保护目标详见表 7-1。

表 7-1 项目环境保护目标一览表

机房	方位	场所名称	最近距离	保护目标名称		规模(人数)	剂量约束值(mSv/a)
DSA 复合手术室	内部	DSA 复合手术室内	/	辐射工作人员	DSA 手术医生、护士	3	5
	东侧	DSA 复合手术室控制室	紧邻		DSA 影像医师、技师	2	
	东侧	DSA 复合手术室设备间	紧邻		医护人员	1	
	东侧	强电井	7.1m	公众	医护人员	1	0.1
	东侧	导管室	6.2m		医护人员	1	
	东侧	UPS 室	7.1m		医护人员	1	
	东侧	仪器库房	14m		医护人员	1	
	南侧	污物走廊	5m		医护人员和患者	流动人员	
	西侧	23 号手术室	4.5m		医护人员和患者	4	

	西侧	体外循环间	5.5m		医护人员	1	
	西侧	22 号手术室	12.6m		医护人员和患者	4	
	北侧	洁净走道	6.6m		医护人员和患者	流动人员	
	北侧	20 号手术室	12.6m		医护人员和患者	4	
	北侧	21 号手术室	10m		医护人员和患者	4	
	北侧	大输液室	19.2m		医护人员和患者	约 15 人	
	50 米评价范围内	医疗综合楼、2 号住院楼	50m 内		医护人员、患者及其家属	约 400 人	
		院内道路			道路上的行人	流动人员	

评价标准

1 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）

表 7-2 工作人员职业照射和公众照射剂量限值

	剂量限值
职业照射剂量限值	工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值： ①由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv； ②任何一年中的有效剂量，50mSv； ③眼晶体的年当量剂量，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，1mSv； ②特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv。

11.4.3.2 剂量约束值通常应在公众照射剂量限值 10%～30%（即 0.1mSv～0.3 mSv）的范围之内，但剂量约束的使用不应取代最优化要求，剂量约束值只能作为最优化值的上限。

J5.5 控制区

在辐射工作场所划分的一种区域，在这种区域内要求或可能要求采取专门的防护手段和安全措施，以便：

a)在正常工作条件下控制正常照射或防止污染扩展；

b)防止潜在照射或限制其程度。

J5.6 监督区

未被确定为控制区、通常不需要采取专门防护手段和安全措施但要不断检查其职业照射条件的任何区域。

2 《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）

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、摄影功能控制键。

5.8.3 X 射线设备应配备能阻止使用焦皮距小于 20 cm 的装置。

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

6 X 射线设备机房防护设施的技术要求

6.1 X 射线设备机房布局

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

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

6.1.3 每台固定使用的 X 射线设备应设有单独的机房，机房应满足使用设备的布局要求；每台牙椅独立设置诊室的，诊室内可设置固定的口内牙片机，供该设备使用，诊室的屏蔽和布局应满足口内牙片机房防护要求。

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

本项目为单管头 X 射线设备，机房最小有效使用面积、最小单边长度需要满足表 7-3 要求。

表 7-3 单管头 X 射线设备机房使用面积及单边长度

设备类型	机房内最小有效使用面积 m^2	机房内最小单边长度 m
单管头 X 射线设备 [b] (含 C 形臂，乳腺 CBCT)	20	3.5
b 单管头、双管头或多管头 X 射线设备的每个管球各安装在 1 个房间内。		

6.2 X 射线设备机房屏蔽

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

低于表 3 的规定。

本项目为 C 形臂 X 射线设备机房，机房的屏蔽防护铅当量需要满足表 7-4 的要求。

表 7-4 C 形臂 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	2

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

6.4 X 射线设备工作场所防护

6.4.1 机房应设有观察窗或摄像监控装置，其设置的位置应便于观察到受检者状态及防护门开闭情况。

6.4.2 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。

6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。

6.4.4 机房门外应有电离辐射警告标志；机房门上方应有醒目的工作状态指示灯，灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句；候诊区应设置放射防护注意事项告知栏。

6.4.5 平开机房门应有自动闭门装置；推拉式机房门应设有曝光时关闭机房门的管理措施；工作状态指示灯能与机房门有效关联。

6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。

6.4.7 受检者不应在机房内候诊；非特殊情况，检查过程中陪检者不应滞留在机房内。

6.4.10 机房出入门宜处于散射辐射相对低的位置。

6.5 X 射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求

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

本项目放射学检查类型为介入放射学操作，需要配备的防护用品及防护设施需要满足表 7-5 的要求。

表 7-5 介入放射学操作个人防护用品和辅助防护设施配置要求

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

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。

3 项目管理目标

职业照射年剂量约束值取 GB18871 附录 B 职业照射剂量限值的 1/4，不大于 5mSv/a，公众的年剂量约束值按照 GB18871 附录 B 公众照射剂量限值的 1/10 取值，不大于 0.1mSv/a。DSA 复合手术室外四周墙体、顶部、底部、防护门及观察窗等关注点处的周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h。

4 参考资料

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

表7-6 江苏省环境天然γ辐射水平（单位：nGy/h）

类别 \ 类型	原野γ辐射剂量率	道路γ辐射剂量率	室内γ辐射剂量率
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
注：1、测量值已扣除宇宙射线响应值； 2、现状评价时，取测值范围数值：即原野为（33.1～72.6）nGy/h；道路为（18.1～102.3）nGy/h；室内为（50.7～129.4）nGy/h”			

表 8 环境质量和辐射现状

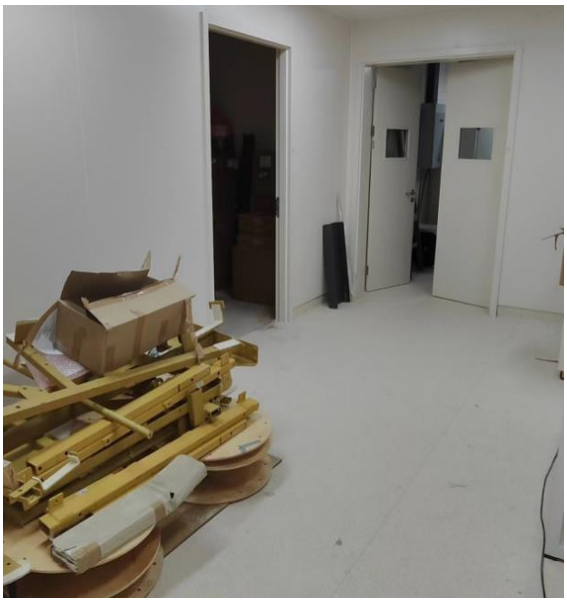
环境质量和辐射现状

1 项目地理位置及场所位置

根据现场调查可知，DSA 复合手术室位于太湖总院医疗综合楼四层手术中心，其东侧为控制室、设备间和手术中心用房，南侧为污物走道、手术中心用房，西侧为 23 号手术室、体外循环间和手术中心用房，北侧为洁净走道、手术中心用房。上方为设备机房，下方为超声科、候诊大厅。本项目周围环境现状见图 8-1。



本项目 DSA 复合手术室现状



DSA 复合手术室东侧（控制室）



DSA 复合手术室南侧（污物走道）



DSA 复合手术室西侧（23 号手术室）



DSA 复合手术室北侧（洁净走道）



DSA 复合手术室楼上（设备机房）



DSA 复合手术室楼下（超声科、候诊大厅）



北侧院内道路（约 30 米处）

图 8-1 项目周围环境现状图

2 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

环境现状评价的对象：本项目 DSA 复合手术室及周围辐射环境

监测因子：γ 辐射空气吸收剂量率

监测点位：在本项目 DSA 复合手术室及周围进行布点，共布点 8 个

3 监测方案、质量保证措施及监测结果

3.1 监测方案

监测单位：江苏玖清玖蓝环保科技有限公司

监测仪器：FH40G 型辐射剂量检测仪（探头型号 FHZ672E-10）（设备编号：

J0317，检定有效期：2023 年 10 月 17 日-2024 年 10 月 16 日）校准证书编号：Y2023-0167916，所用检验源：电离室剂量仪+1L 电离室 20788+0314。

监测仪器能量响应：48keV～4.4MeV　测量范围：1nSv/h~100μSv/h

监测项目：γ 辐射空气吸收剂量率

监测布点：据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）中 5.1.1“测量点位应依据测量目的布设，并结合源和照射途径以及人群分布和人为活动情况仔细选择”。根据上述布点原则，考虑本次测量目的为调查 DSA 复合手术室及周边环境 γ 辐射环境本底，故在 DSA 复合手术室及周围进行布点，具体点位见图 8-2

监测时间：2024 年 6 月 11 日

监测方法：《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）

《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）

数据记录及处理：每个点位读取 10 个数据，读取间隔不小于 10s，并待计数稳定后读取数值。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

3.2 质量保证措施

监测单位：江苏玖清玖蓝环保科技有限公司，该公司已通过 CMA 资质认定

监测布点质量保证：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

监测过程质量控制质量保证：本项目监测按照《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

监测人员、监测仪器及监测结果质量保证：监测人员均经过考核并持有合格证书，所有监测仪器均经过计量部门检定，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。

3.3 监测结果

监测结果见表 8-1，详细检测结果见附件 5，测量数据已扣除宇宙响应值。

表 8-1 DSA 复合手术室及周围γ辐射水平测量结果

测点编号	测点位置描述	测量结果(nGy/h)	备注
1	DSA 机房（DSA 复合手术室）内	93.2	室内楼房
2	DSA 机房（DSA 复合手术室）东侧控制室	88.6	室内楼房

3	DSA 机房（DSA 复合手术室）南侧污物走道	96.4	室内楼房
4	DSA 机房（DSA 复合手术室）西侧 23 号手术室	95.3	室内楼房
5	DSA 机房（DSA 复合手术室）北侧洁净走道	102	室内楼房
6	DSA 机房（DSA 复合手术室）楼上设备机房	97.4	室内楼房
7	DSA 机房（DSA 复合手术室）楼下超声科、候诊大厅	97.4	室内楼房
8	DSA 机房（DSA 复合手术室）北侧 30m 处院内道路	52.4	室外道路

注：

1、测量时探头距离地面约 1m；

2、每个监测点测量 10 个数据取平均值，以上监测结果均已对宇宙射线的响应值修正；

3、环境 γ 辐射空气吸收剂量率=读数平均值×校准因子 k1×仪器检验源效率因子 k2÷空气比释动能和周围剂量当量的换算系数-屏蔽修正因子 k3×测量点宇宙射线响应值 Dc，校准因子 k1 为 1.26，仪器使用 ^{137}Cs 进行校准，转换系数为 1.20Sv/Gy，效率因子 k2 取 1；k3 楼房取 0.8、道路取 1，仪器对宇宙射线的响应值为 17.3nGy/h，该仪器的宇宙射线测量数据由海拔和经纬度相近的湖面中心测量得出。

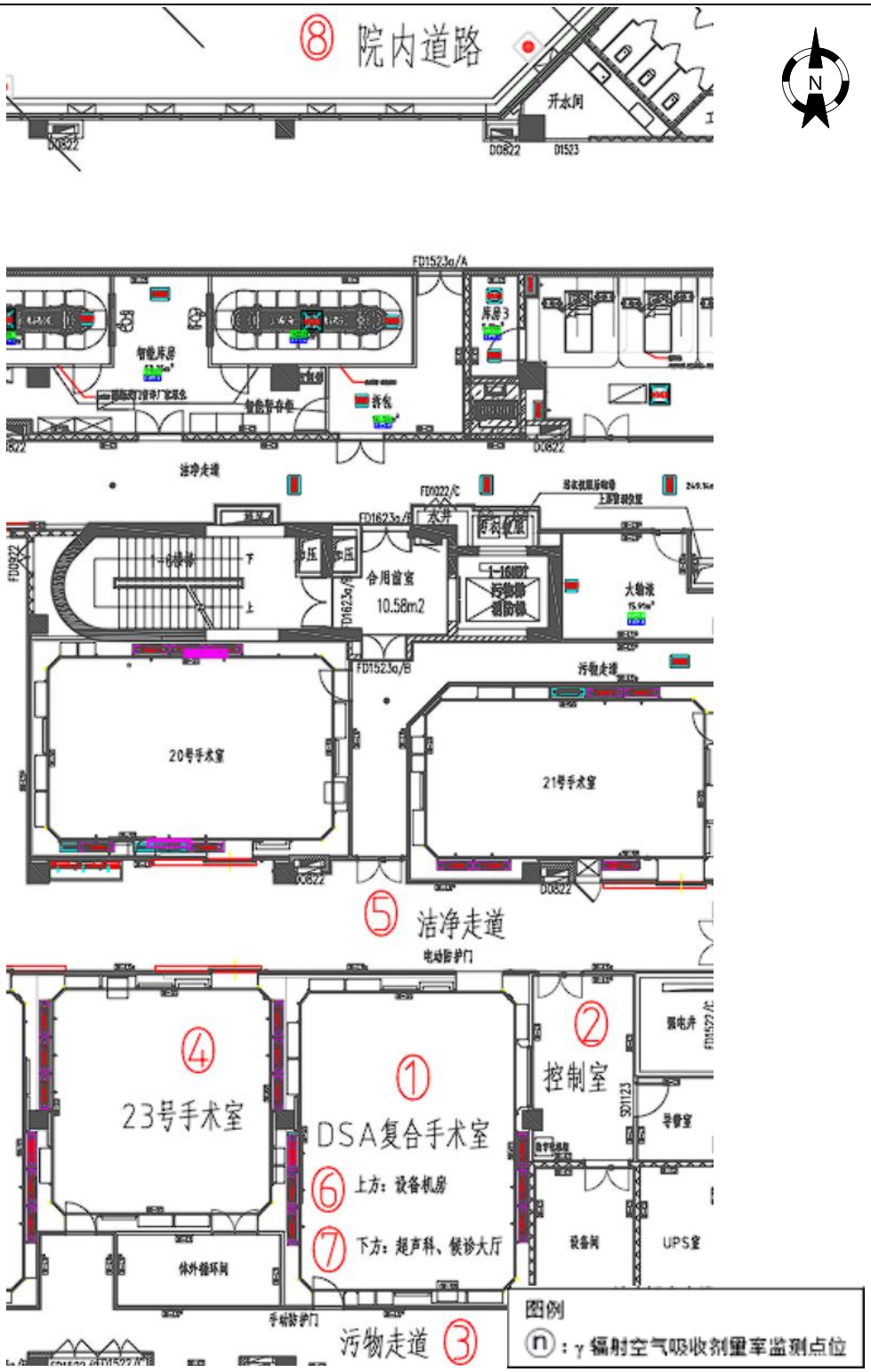


图 8-2 γ 辐射空气吸收剂量率检测点位示意图

4 环境现状调查结果评价

从现场监测结果可知，DSA 复合手术室及周围环境室内辐射 γ 辐射水平为 88.6~102nGy/h，处于江苏省环境室内天然 γ 辐射水平涨落范围内。道路辐射 γ 辐射水平为 52.4nGy/h，处于江苏省环境道路天然 γ 辐射水平涨落范围内。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

1 设备组成

DSA 因其整体结构像大写的“C”，因此也称作 C 型臂 X 光机，DSA 设备主要由 X 射线发生系统、影像增强接收器和显示系统、影像处理和系统控制部分、机架系统和导管床、影像存储和传输系统等构成。数字减影血管造影（DSA）是通过电子计算机进行辅助成像的血管造影方法，是 70 年代以来用于临床的一种崭新的 X 射线检查技术，是应用计算机程序两次成像完成的，本项目拟采购 DSA 外观见图 9-1。

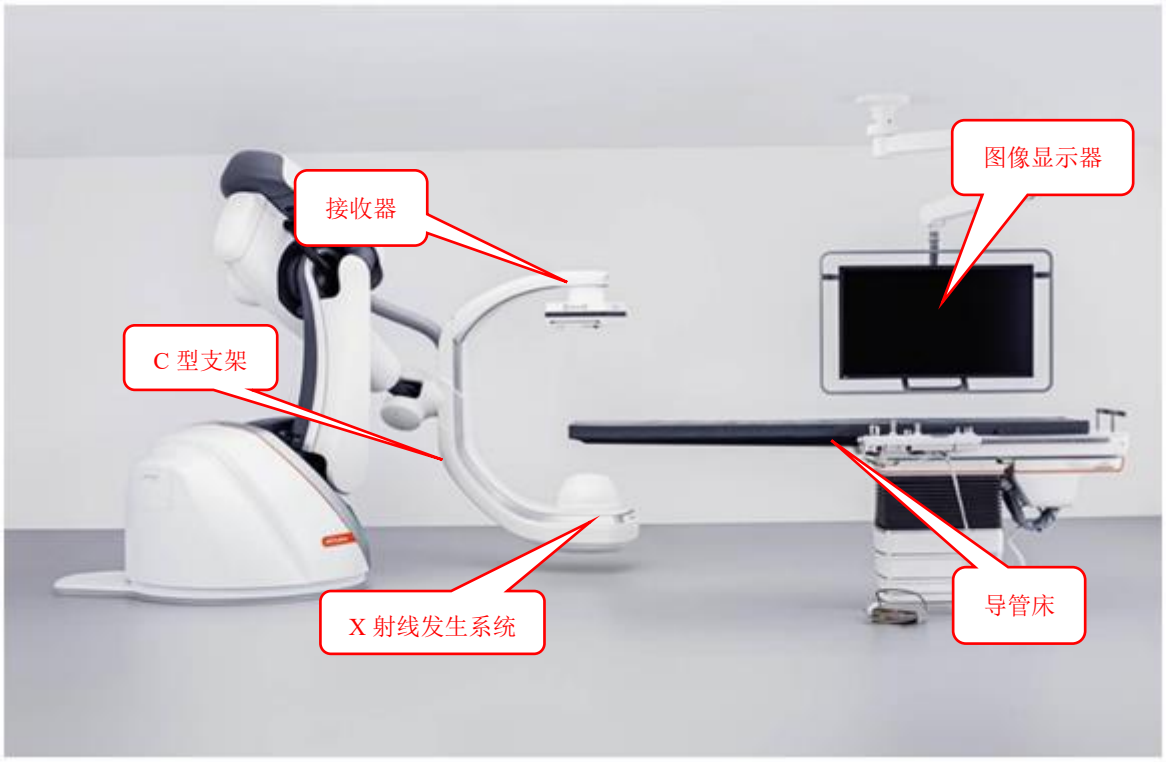


图 9-1 本项目拟采购 DSA 外观图

表 9-1 DSA 技术参数

型号	ARTIS Phone（球管头）
*最大管电压	125kV
*最大管电流	1000mA
主射线方向	主射线朝上照射
*滤过	总滤过：≥2.5mmAl 等效滤过
照射野	最大照射野：38.2×29.3cm
焦皮距	＞20cm

*管电流、管电压、总滤过等参数信息由意向 DSA 厂家提供。

DSA 配套设备配置情况见表 9-2。

表 9-2 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	设备间
4	控制系统	1 套	DSA 设备操作	手术室

2 工作原理介绍

数字减影血管造影技术是常规血管造影术和电子计算机图像处理技术相结合的产物。DSA的成像基本原理为：将受检部位没有注入造影剂和注入造影剂后的血管造影X射线荧光图像，分别经影像增强器增益后，再用高分辨率的电视摄像管扫描，将图像分割成许多的小方格，做成矩阵化，形成由小方格中的像素所组成的视频图像，经对数增幅和模/数转换为不同数值的数字，形成数字图像并分别存储起来，然后输入电子计算机处理并将两幅图像的数字信息相减，获得的不同数值的差值信号，再经对比度增强和数/模转换成普通的模拟信号，获得了去除骨骼、肌肉和其他软组织，只留下单纯血管影像的减影图像，通过显示器显示出来。通过DSA处理的图像，使血管的影像更为清晰，在进行介入手术时更为安全。DSA系统结构图见图9-2。

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、心脏等），以及某些特定部位，对许多疾病实施局限性治疗。

本项目DSA为复合DSA，除了采用传统的数字减影血管造影技术外，还采用了DynaCT技术。DynaCT是一种螺旋扫描（容积扫描），是通过在介入治疗过程中，利用DSA的C型臂支架和机械臂使平板接收器和X射线发生装置（球管）旋转扫描，即类似CT的螺旋扫描技术（容积扫描），实现了血管造影的同时显示类CT成像的功能。DynaCT的临床优势有：(1)在介入过程中获取类CT图像信息，成功地将三维成像技术与介入治疗实现结合，提高诊断和治疗的准确性。(2)丰富的影像信息有效的指

导了介入的诊断与治疗，清晰的3D图像给介入医师的操作提供了保障，有效缩短了手术时间，体现了极高的时效性。(3)避免病人在介入手术室与CT检查室之间来回移动，降低了因搬动病人而一起的伤亡率，提高了安全性，减低医疗风险。

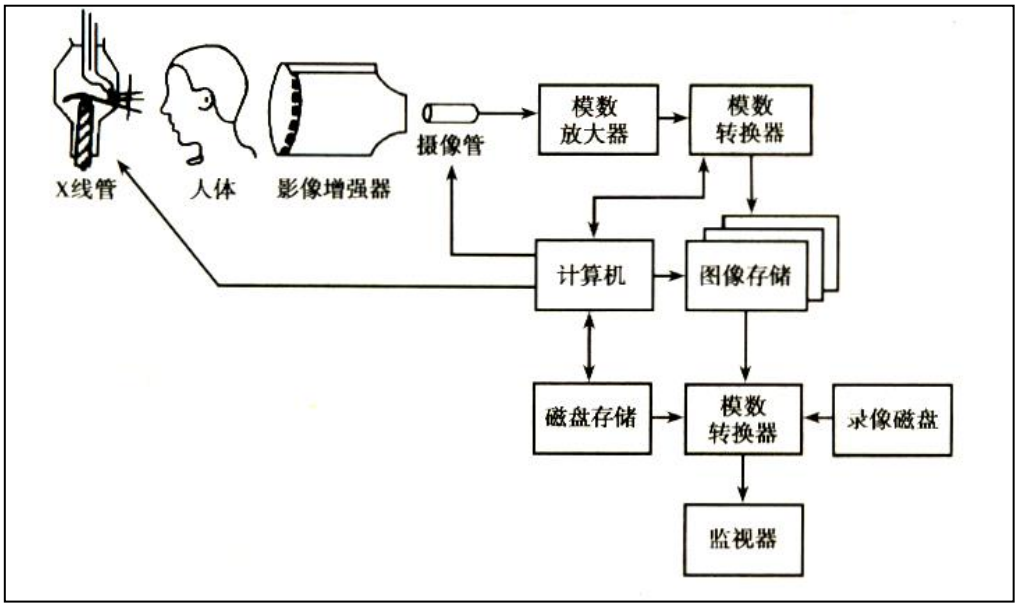


图 9-2 DSA 系统结构图

3 工作流程及产污环节分析

患者进行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。DSA在进行曝光时分为两种情况：

第一种情况（摄影、DynaCT技术）：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手术室内患者情况，并通过对讲系统与患者交流。采用DynaCT技术扫描过结束后，医生可以在控制室显示器查看经过重建处理的类CT图像或进入手术室通过图像显示器观察图像。

第二种情况（透视）：医生需进行手术治疗时，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屏风后身着铅服、戴铅眼镜等在曝光室内对患者进行直接的手术操作。

注射造影剂时射线装置处于出束状态，产生X射线。

本项目DSA工作流程及产污环节（医疗废物无放射性）如下图：

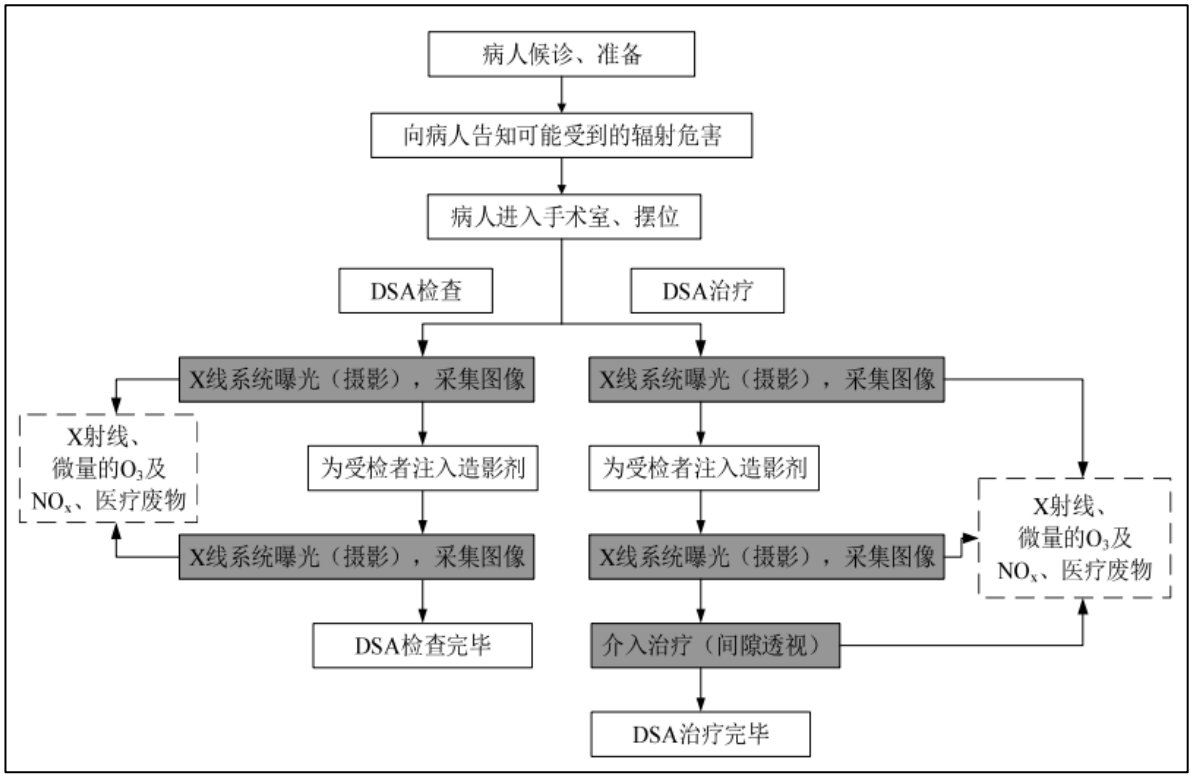


图 9-3 DSA 工作流程及产污环节示意图

4 工作负荷

本项目 DSA 的工作负荷情况见表 9-3。

表 9-3 本项目 DSA 工作负荷

透视	手术类别	年开展工作量		每台手术透视曝光时间		年透视曝光时间
	心脏介入	200 台		约 15min		约 50.0h
	神经介入	150 台		约 20min		约 50.0h
	综合介入	150 台		约 20min		约 50.0h
	小计	/		/		约 150.0h
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
	心脏介入	200 台	3～4s	6～10 次	约 0.7min	约 2.3h
	神经介入	150 台	6～10s	4～10 次	约 1.7min	约 4.3h
	综合介入	150 台	3～8s	7～15 次	约 2min	约 5.0h
	小计	/	/	/	/	约 11.6h
总 计						约 161.6h

医院拟为本项目配备 5 名辐射工作人员，包括 1 名放射影像医师、1 名放射影像

技师、2 名相关内外科专业技术人员和 1 名护士，计划配备人员满足医院介入放射学日常工作需要。其中放射影像医师和放射影像技师在设备使用过程中不进入手术室，受到透视与摄影模式经手术室屏蔽体后的散射线、漏射线的照射，年工作负荷约为161.6h；相关内外科专业技术人员和护士在设备透视条件下会进入手术室进行操作，受到透视模式下手术室内散射线、漏射线照射，年工作负荷约为 150h。第一术者位年工作量由 2 位医师分担，每人年工作负荷不超过 75h；第二术者位年工作量由至少由 1 位护士承担，年工作负荷为 150h。

污染源项分析

1 放射性污染

DSA 产生的 X 射线随机器的开、关而产生、消失，因此在设备使用期间，X 射线是主要污染因子。

1.1 有用线束

本项目 DSA 的有用线束方向为由下至上，有用线束的射线能量、强度与 X 射线管靶物质、管电压、管电流有关。DSA 具有自动照射量控制调节功能（AEC），摄影时，如果患者体型偏瘦，功率自动降低，照射量率减小；如果患者体型较胖，功率自动增强，照射量率增大。为了防止球管烧毁并延长其使用寿命，实际使用时，管电压和管电流通常留有一定的裕量。根据医院提供资料，DSA 正常运行时，透视模式的工况为（70~80kV/1~20mA），摄影模式的工况为（70~80kV/100~500mA）。

本项目数字减影血管造影设备的过滤材料按照 DSA 总过滤 2.5mmAl 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 5.0mGy·m^2 /mA·min，即 300000μGy·m^2 /mA·h。

1.2 泄漏射线

根据国际放射防护委员会第 33 号出版物《医用外照射源的辐射防护》“（77）用于诊断目的的每一个 X 射线管必须封闭在管套内，以使得位于该套管内的 X 射线管在制造厂规定的每个额定值时，离焦点 1m 处所测得的泄漏辐射在空气中的比释动能不超过 1 mGy/h”（在距离源 1m 处不超过 100cm^2 的面积上或者在离管或源壳 5cm 处的 10cm^2 面积上进行平均测量），以及《医用电气设备 第 1 部分：安全通用要求三并列标准诊断 X 射线设备辐射防护通用要求》（GB 9706.103-2020）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。

1.3 散射线

本项目 DSA 的散射线主要考虑有用线束照射到患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。

2 非放射性污染

DSA 在工作状态时，会使手术室内的空气产生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，臭氧在空气中短时间可自动分解为氧气，这部分废气对周围环境影响较小。本项目 DSA 在投入使用后，还会产生一定量的医疗垃圾。

3 事故工况污染源项

DSA 安装调试阶段，可能由于设备参数设置不当、误操作、设备尚未具备正常运行的条件，或者人员未进行恰当的防护造成在场辐射工作人员受到过量照射。

DSA 投入运行后，由于 DSA 设备故障、操作不当、辐射工作人员没有穿戴防护用品等情况下，医生在同室操作时可能受到超剂量的 X 射线照射。

门灯联锁装置和闭门装置出现故障，在屏蔽门没有关闭的情况下出束，或射线装置工作时无关人员打开屏蔽门并误入，对门外人员及误入人员造成误照射。

机房内无关人员未全部撤出机房，操作室人员操作失误启动射线装置，造成人员误照射。

检查或维修状态下，设备维修人员违反操作规程或误操作，造成人员误照射。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

1 项目工作场所布局及分区

本项目 DSA 工作场所主要由 DSA 复合手术室、控制室和设备间构成，DSA 复合手术室与其它区域分开单独设置，区域划分明确，工作场所布局合理。DSA 工作场所平面布局图见图 10-1。

医院拟按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）要求，把工作场所分为控制区、监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

控制区：将 DSA 复合手术室内区域划分为控制区，在控制区的进出口及适当位置处设置醒目的电离辐射警告标志和工作状态指示灯。制定放射安全防护管理制度，在正常工作过程中，不得有无关人员进入。

监督区：将与 DSA 复合手术室相邻的控制室、设备间划为监督区，同时将 DSA 复合手术室南北两侧防护门外 30cm 纳入监督区管理。在监督区入口处的适当地点设立表明监督区的标牌，对该区不采取专门防护手段或安全措施，但定期检测其辐射剂量率。

本项目两区划分及场所布局见图 10-1，其中红色表示控制区，黄色表示监督区。本项目分区符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》的规定，将辐射工作区域进行分区，同时对控制区和监督区采取相应的措施，可以有效避免人员误闯入而造成的误照。

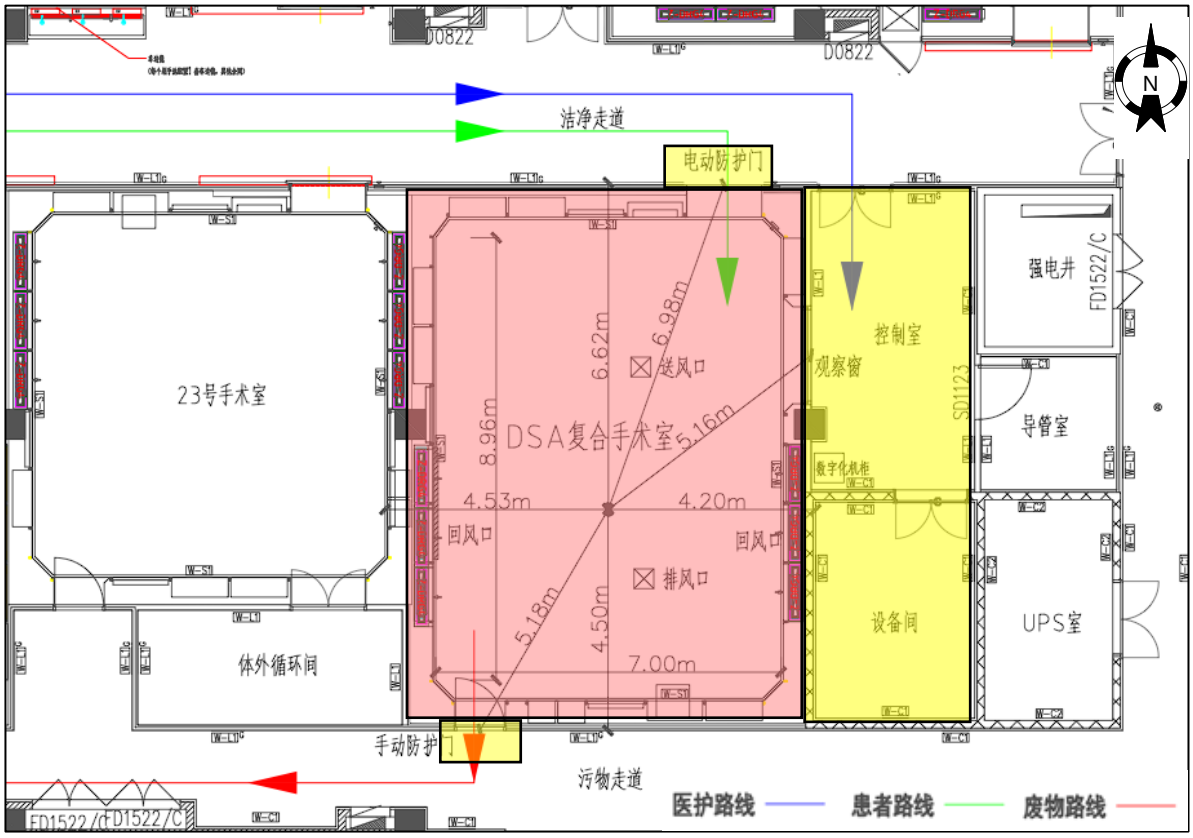


图 10-1 本项目 DSA 复合手术室平面布局、分区图及路线图

（ :控制区； :监督区）

2 辐射防护屏蔽设计

本项目辐射防护设计参数设计见表 10-1，设计参数说明见附件 4：

表 10-1 本项目手术室辐射防护设计参数一览表

太湖总院医疗综合楼四层手术中心 DSA 复合手术室	设计尺寸	最小单边长度（m）	7.00 m
		有效使用面积（m^2）	7.00m×8.96m=62.72 m^2
	四周屏蔽墙	钢龙骨架+3mm 铅板	
	顶棚	16cm 混凝土+3mm 铅板	
	地板	16cm 混凝土+3mm 铅板	
	防护门	内衬 3mm 铅板	
	观察窗	3mmPb 铅防护玻璃	
	通风和管线穿墙的屏蔽补偿措施	采用地沟式管线穿墙，使用 3mmPb 铅皮进行屏蔽补偿	
注：混凝土密度为 2.35t/m^3，铅的密度为 11.3t/m^3，铅玻璃密度为 4.1t/m^3。			

3 辐射安全措施

本项目 DSA 复合手术室拟设置的辐射安全装置和保护措施有：

（1）医院拟在控制台处设计有观察窗，可通过观察窗观察手术室内患者状态；

（2）医院拟在北侧防护门设置工作状态指示灯，警示灯箱处设置警示语句，并在醒目位置张贴“当心电离辐射”以及放射防护注意事项；

（3）医院拟在北侧防护门设置门-灯联锁装置，工作状态指示灯与防护门能有效联动；

（4）医院在北侧防护门设置防夹装置；

（5）医院拟在污物走道手动防护门处设置自动闭门装置；

（6）医院拟为 DSA 工作人员配备双个人剂量计；

（7）医院拟在 DSA 复合手术室内诊断床上设置急停按钮 1 个，拟在控制室内控制台上设置急停按钮 1 个；

（8）医院拟为参与介入手术的辐射工作人员配备一系列的防护用品，具体配备情况见表 10-2、表 10-3；

表 10-2 拟配备的个人防护用品一览表

使用场所	标准要求			拟配备的防护用品		数量
	使用人员	防护用品名称	标准铅当量	防护用品名称	铅当量	
太湖总院医疗综合楼四层手术中心 DSA 复合手术室	受检者	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套	≥0.50mmPb	铅橡胶性腺防护方巾	0.5mmPb	1
				铅橡胶颈套		1
	工作人员	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套	介入防护手套≥0.025mmPb、铅橡胶围裙、铅橡胶颈套≥0.50mmPb、其它≥0.25mmPb	铅防护衣	0.5mmPb	4
				铅橡胶颈套	0.5mmPb	4
				铅防护眼镜	0.25mmPb	4
				介入防护手套	0.025mmPb	4

表 10-3 拟配置的辅助防护用品一览表

使用场所	标准要求		拟配备防护用品		数量
	防护用品名称	标准铅当量	防护用品名称	铅当量	
太湖总院医疗综合楼四层手术中心 DSA 复合手术室	铅悬挂防护屏	≥0.25mmPb	铅悬挂防护屏	0.5mmPb	1
	床侧防护帘		床侧防护帘		1
	选配：移动铅防护屏风	≥2.0mmPb	移动铅防护屏风	2.0mmPb	1

（9）其它辐射安全措施：

介入手术需要长时间的透视和大量的摄片，对人员的辐射剂量较高，因此在评估介入放射的效应和操作时，其辐射损伤必须加以考虑。X 射线球管工作时产生的散射线对手术室内工作人员有较大影响，根据辐射防护“三原则”，医院应在以下方面加强对介入放射的防护工作：

a）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；

b）一般说来，降低患者的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；

c）本项目不仅限于介入手术医生，也包括周围护理人员，都应开展个人剂量监测，应结合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；

d）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；

e）介入人员应该结合 DSA 设备的特点，了解一些降低剂量的方法，比如采用小照射野、低频率脉冲透视等方法；

f）加强 DSA 设备的质量保证工作，设备的球管与高压发生器、透视和数字成像的性能以及其它相关设备应该定期进行检测；

g）临床介入手术时，介入医生需站在 DSA 床边操作，仅依赖于医务人员身着铅衣、机器自带的铅吊帘等防护设备被动防护。一般来说，床下球管机对医务人员的辐射剂量，由头、颈、胸至腹部呈现剂量逐渐上升的趋势，故操作人员除个人防护用品外，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。如：床侧立地防护屏、防护手术手套、床侧竖屏及床上防护屏、床下吊帘、床侧吊帘、床上防护覆盖板等。以上组合屏蔽防护措施的使用，能够有效降低介入手术医务人员的吸收剂量；

h）在候诊区设置放射防护注意事项告知栏，让患者了解并遵守放射防护注意事项。

4 通风与管线穿墙

DSA 复合手术室通风示意图见图 10-2，管线穿墙示意图见图 10-3、图 10-4。

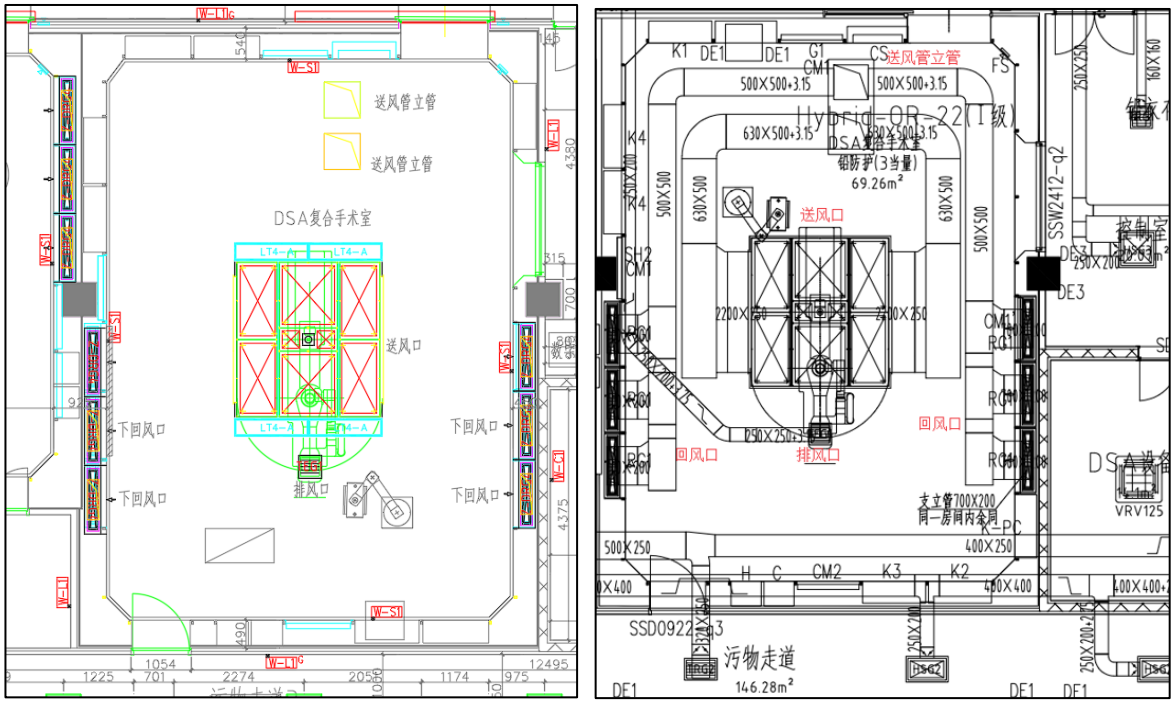


图 10-3 DSA 复合手术室通风示意图

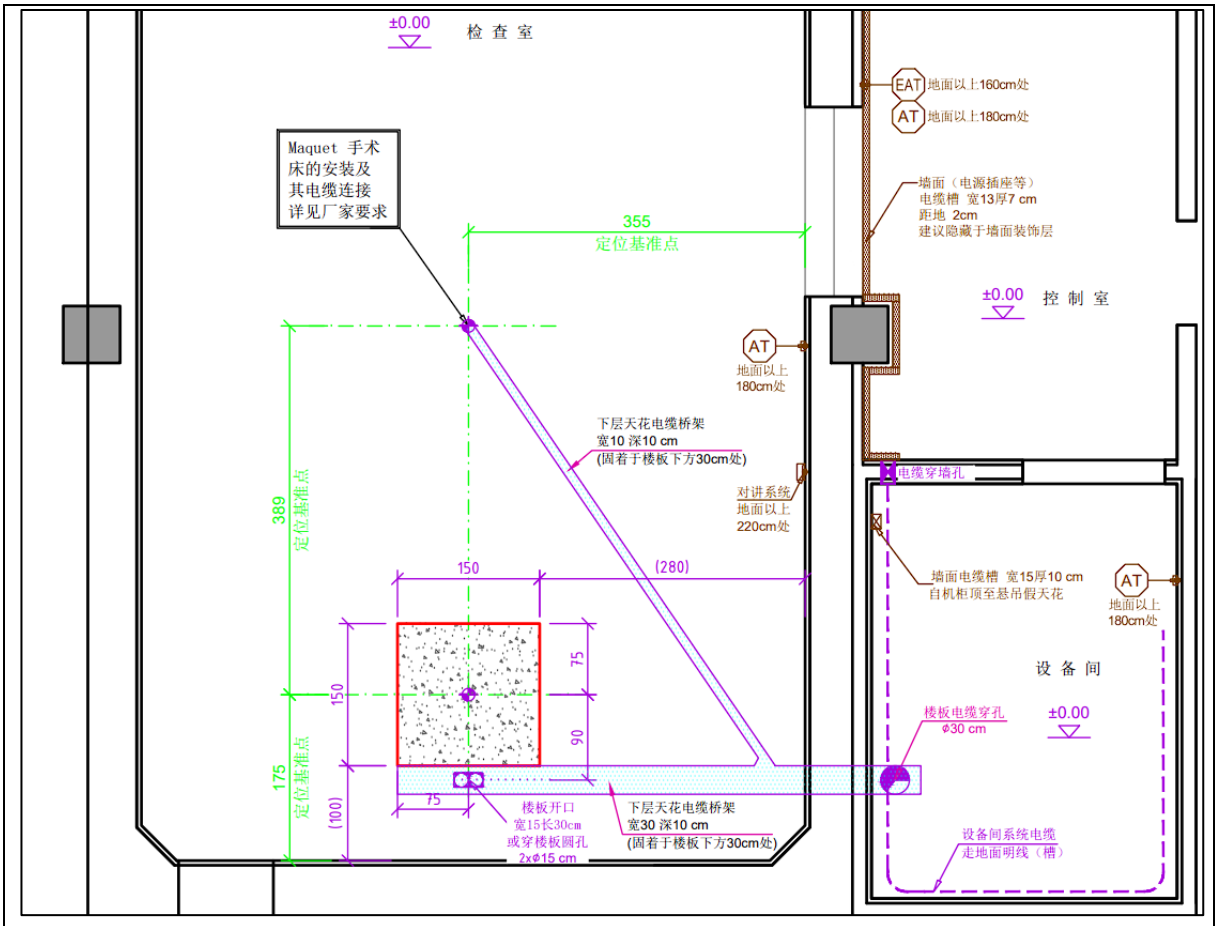


图 10-3 DSA 复合手术室管线穿墙示意图

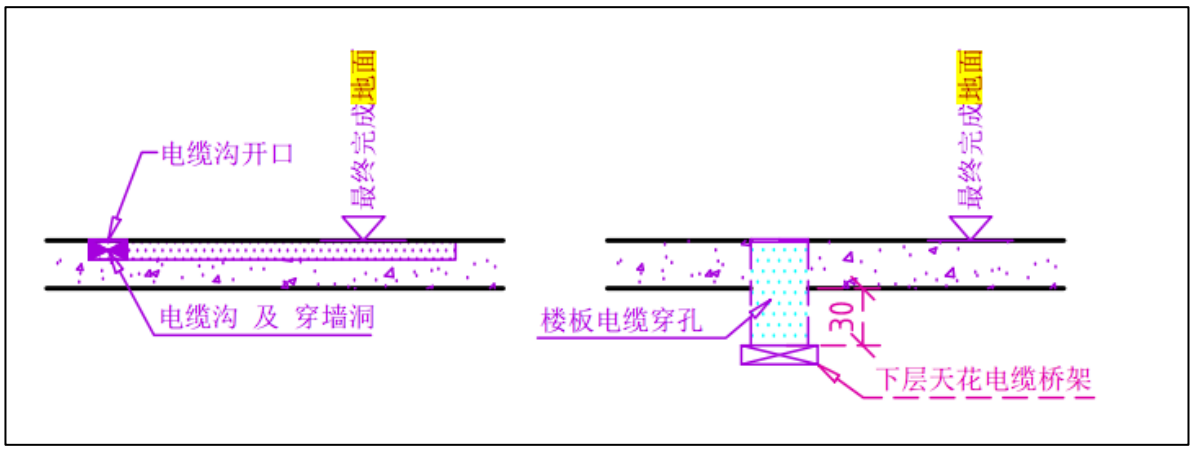


图 10-4 DSA 复合手术室管线穿墙剖面示意图

三废处理

医院拟在 DSA 复合手术室顶部设置排风口、送风口，东、西侧墙体底部设置回风口。通过独立的排风系统将废气排出室外。DSA 复合手术室内空气在 X 射线作用下分解产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，通过排风系统排入大气，臭氧在常温下可自行分解为氧气，对环境影响较小。

本项目工作人员和患者产生的普通生活污水，由院内污水处理站统一处理。

本项目固体废物（如：棉签、纱布、手套、器具等医疗废物）贮存于污洗间，由医院统一作为医疗废物处理。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目为新建项目，涉及到建筑改造装修、设备安装等，在项目的建设过程中，应采取污染防治措施，减轻对医院及周边地区的环境影响。项目施工时会产生施工噪声、扬尘和建筑垃圾污染，对环境会产生如下影响：

（1）大气：本项目在建设施工期，由于涉及到建筑改造装修、设备安装，施工将产生地面扬尘，另外机械和运输车辆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和大楼周边路面。针对上述大气污染采取以下措施：a.及时清扫施工场地，并保持施工场地一定的湿度；b.车辆在运输建筑材料时尽量采取遮盖、密闭措施，以减少沿途抛洒；c.施工路面保持清洁、湿润，减少地面扬尘。

（2）噪声：整个施工阶段，施工设备在运行中将产生不同程度的噪声，对周围环境造成一定的影响。因此，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）标准，尽量使用噪声低的先进设备，同时应避免在中午休息时间施工，另外考虑院区周围公众，严禁夜间进行噪声作业。本项目施工工期相对较短，在严格执行噪声标准，并且合理安排施工时间的情况下，噪声对周围人群的影响是暂时的。

（3）固体废物：施工期间，会产生一定量以建筑垃圾为主的固体废弃物，医院应委托有资质的单位清运，并做好清运工作中的装载工作，防止建筑垃圾在运输途中散落。

（4）废水：项目施工期间，会有少量含有泥浆的建筑废水产生，对这些废水不可随意外排，应统一收集后由医院进行处理。

综上所述，建设工程在施工期的环境影响是短暂的、可逆的，随着施工期的结束而消失。施工单位应严格按照有关规定采取上述措施进行污染防治，并加强监管，使本项目施工对周围环境的影响降低到最小。

运行阶段对环境的影响

1 DSA 复合手术室的屏蔽防护铅当量厚度与标准要求的相符性分析评价

1.1 评价标准

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）表 3 规定，C 形臂 X 射线设备机房有用线束方向、非有用线束方向屏蔽体的铅当量均应不小于 2.0mmPb。

1.2 本项目 DSA 复合手术室各屏蔽部位的铅当量厚度核算

由表 10-1，本项目 DSA 复合手术室使用的屏蔽材料除铅以外，还涉及混凝土、实心砖。本项目按额定管电压 125kV 的极端条件核算 DSA 复合手术室各屏蔽部位屏蔽材料的等效铅当量厚度。

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：

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

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：

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

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，列于表 11-1：

表 11-1 125kV 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
125kV（主束）	铅	2.219	7.923	0.5386
	混凝土	0.03502	0.07113	0.6974

本项目 DSA 复合手术室屏蔽部位涉及的 160mm 混凝土，分别按公式（2）、公式（1）计算其屏蔽透射因子 B、铅当量厚度，计算结果列于表 11-2。

表 11-2 混凝土屏蔽透射因子 B 值、铅当量厚度计算结果

屏蔽体	屏蔽透射因子 B	铅当量厚度（mm）
160mm 混凝土	7.67E-04	2.02

2 辐射环境影响分析

2.1 手术室改造情况说明与标准对照预测

本项目手术室为预留普通手术室，无专门辐射屏蔽防护。医院计划对其进行改造，为其四周墙体增加 3mm 铅板，并于 DSA 复合手术室地面及其楼上对应位置地面增加折合 3mm 铅当量硫酸钡水泥，计划在预留的观察窗位置安装 3mm 铅当量铅玻璃观察窗，在预留防护门位置安装 3mm 铅当量铅防护门。辐射防护屏蔽设计参数与标准对比见表 11-3：

表 11-3 屏蔽设计参数

/		DSA 复合手术室	标准要求（DSA）	是否满足要求
设计尺寸	最小有效使用面积	62.72 m^2	单管头 X 射线设备，最小单边长度不少于 3.5m，有效使用面积不少于 20m^2	满足
	最小单边长度	7.00m		满足
屏蔽设计	四周墙体	钢龙骨架+3mm 铅板（总等效铅当量 3mmPb）	C 形臂 X 射线设备机房的相关要求：有用线束方向和非有用线束方向铅当量不少于 2mm	满足
	顶部	16cm 混凝土+3mmPb 硫酸钡水泥（总等效铅当量 5.02mmPb）		满足
	地板	16cm 混凝土+3mmPb 硫酸钡水泥（总等效铅当量 5.02mmPb）		满足
	防护门	内衬 3mm 铅板（等效铅当量 3mmPb）		满足
	观察窗	3mmPb 铅防护玻璃（等效铅当量 3mmPb）		满足

根据表 11-3 可知，本项目 DSA 复合手术室屏蔽设计均不低于 2mmPb，有效使用面积、最小单边长度及屏蔽防护均能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中 C 形臂 X 射线设备机房的相关要求。因此可推断 DSA 复合手术室周围环境辐射水平能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）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。

2.2 理论计算

本项目 DSA 辐射影响构成情况见表 11-4。

表 11-4 本项目 DSA 设备有用线束及非有用线束的辐射影响构成情况

/	操作模式	正常运行时最大工况	射线种类	辐射影响对象
有用线束	摄影模式	80kV/500mA	有用线束	DSA 复合手术室顶部外公众
	透视模式	80kV/20mA	有用线束	DSA 复合手术室顶部外公众
非有用线束	摄影模式	80kV/500mA	散射线、泄漏射线	DSA 复合手术室外公众、控制室操作人员
	透视模式	80kV/20mA	散射线、泄漏射线	DSA 复合手术室外公众、控制室操作人员；DSA 复合手术室内介入治疗操作人员

依照医院提供资料，本次评价的 DSA 最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA。实际使用时，透视模式下最大管电压约为 80kV，最大管电流约为 20mA，摄影模式下最大管电压约为 80kV，最大管电流约为 500mA。

2.2.1 关注点处有用线束辐射空气比释动能率计算

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处的辐射剂量率计算公式（公式 10.8）进行推导，得到有用线束在关注点处的辐射剂量率 H 的计算公式（推导中，将原公式中的使用因子、居留因子均取为 1）：

$$H_s = \frac{H_0 \cdot I \cdot B \cdot K}{d^2} \qquad (3)$$

式中：H_0—X 射线机发射率常数（当管电流为 1mA 时，距离阳极靶 1m 处由主束产生的比释动能率），$mGy \cdot m^2 \cdot mA^{-1} \cdot min^{-1}$，按本项目正常使用的最大管电压为 80kV、滤过为 2.5mmAl 的条件从《辐射防护导论》附图 3 查得本项目取 $5mGy \cdot m^2 \cdot mA^{-1} \cdot min^{-1}$，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；

d—受照体至关注点的距离，本项目受照体至关注点的距离列于表 11-5；

B—屏蔽材料对散射线的透射因子，无量纲，计算公式见公式（2）；

K—从《用于光子外照射防护的剂量转换系数》（GBZ/T 144-2002）附录表

B2 查取；对于本项目 DSA 运行管电压 80kV 时，查取 K 值为 1.67。

表 11-5 受照体至关注点的距离

关注点位置		受照体至关注点的距离 *ds*（m）
DSA 复合手术室	顶部	5.16
$ds_{顶部}$=受照体到顶部屏蔽体的距离 4m+顶棚厚度 0.16m+参考点 1.0m=5.16m		

本项目 DSA 正常运行最大管电压 80kV，由 NCRP147 报告 TABLE A.1 查取 80kV 管电压工况下 X 射线辐射衰减有关的拟合参数，具体见表 11-6。

表 11-6 铅对 80kV 管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数

管电压	α	β	γ
80kV	4.040	21.69	0.7187

利用公式（2）对 DSA 复合手术室顶部屏蔽透射因子进行计算，列于表 11-7。

表 11-7 DSA 复合手术室屏蔽体屏蔽透射因子计算结果

屏蔽体（设施）		等效铅当量（mm）	B_S
DSA 复合手术室屏蔽体	顶部	5.02	1.19E-10

将前述有关参数代入公式（3），计算透视及摄影模式 DSA 复合手术室顶部外公众辐射空气比释动能率，计算结果见表 11-8。

表 11-8 关注点处有用线束辐射空气比释动能率计算结果

关注点位置	扫描模式	H_0	I	B	d	Hs	
		μGy•m²/（mA•h）	mA	/	m	μGy/h	μSv/h
顶部	透视模式	300000	20	1.19E-10	5.16	2.67E-05	4.47E-05
	摄影模式	300000	500	1.19E-10	5.16	6.68E-04	1.12E-03
备注：80kV 时 Gy 与 Sv 转换系数 K，查《用于光子外照射防护的剂量转换系数》（GBZ/T 144-2002）附录表 B2，K 取 1.67							

2.2.2 关注点处散射辐射空气比释动能率计算

1）散射辐射空气比释动能率计算公式

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处的辐射剂量率计算公式（公式 10.10）进行推导，得到散射线在关注点处的辐射剂量率 H_S 的计算公式（推导中，将原公式中的使用因子、居留因子均取为 1）：

$$H_s = \frac{H_0 \cdot I \cdot a \cdot (s/400) \cdot B_s \cdot K}{d_0^2 \cdot d_s^2} \quad (4)$$

式中：H_0—X 射线机发射率常数（当管电流为 1mA 时，距离阳极靶 1 m 处由主束产生的比释动能率），$mGy \cdot m^2 \cdot mA^{-1} \cdot min^{-1}$，按本项目正常使用的最大管电压为 80kV、滤过为 2.5mmAl 的条件从《辐射防护导论》附图 3 查得本项目取 $300000\mu Gy \cdot m^2 \cdot mA^{-1} \cdot h^{-1}$；

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

a—人体对 X 射线的散射照射量与入射照射量之比值，查《辐射防护手册（第一分册）》表 10.1，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 90°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）；

S—主束在受照人体上的散射面积，考虑手术需要的常用最大照射面积，本项目取 $16cm \times 16cm = 256cm^2$；

d_0—源至受照点的距离，根据设备参数确定，本项目取 d_0 最小值 0.45m（根据《放射诊断放射防护要求》GBZ130-2020 中 5.2.1、5.8.3 中介入放射学用 X 射线设备最小焦皮距应不小于 20 cm）；

d_s—受照体至关注点的距离，本项目受照体至关注点的距离列于表 11-9；

K—从《用于光子外照射防护的剂量转换系数》（GBZ/T 144-2002）附录表 B2 查取；按前述 90°方向一次散射线能量对应的 kV 值为 70kV，K 值取 1.60。

表 11-9 受照体至关注点的距离

关注点位置		受照体至关注点的距离 ds（m）
DSA 复合手术室外	东墙	4.50
	南墙	4.80
	西墙	4.83
	北墙	6.92
	北侧防护门	7.28
	南侧防护门	5.48
	观察窗	5.46
	楼下	4.46
DSA 复合手术室内	第一术者位置	0.5
	第二术者位置	1
DSA 复合手术室： $ds_{东墙}$=受照体到东墙外表面距离 4.20m+参考点 0.3m=4.50m		

ds $_{南墙}$=受照体到南墙外表面距离 4.50m+参考点 0.3m=4.80m

ds $_{西墙}$=受照体到西墙外表面距离 4.53m+参考点 0.3m=4.83m

ds $_{北墙}$=受照体到北墙外表面距离 6.62m+参考点 0.3m=6.92m

ds $_{北侧防护门}$=受照体到北侧防护门外的距离 6.98m+参考点 0.3m=7.28m

ds $_{南侧防护门}$=受照体到南侧防护门外的距离 5.18m+参考点 0.3m=5.48m

ds $_{观察窗}$=受照体到观察窗外距离 5.16m+参考点 0.3m=5.46m

ds $_{楼下}$=受照体到地板 1m+地板厚度 0.16m+参考点（距三层地板 1.7m 处）3.3m=4.46m

B_S——屏蔽材料对散射线的透射因子，无量纲，按公式（2）计算（原公式见 GBZ130-2020.公 C.1）。此处散射线是指本项目最大常用管电压（80kV，即 0.08MV）下有用线束（初级 X 射线）的散射线，其能量偏保守取有用线束侧向（散射角 θ=90º）的一次散射线能量，可借鉴康普顿散射定律计算一次散射线能量 E 与入射的初级 X 射线能量 E_0 之比值 $E/E_0=1/[1+ E_0(1-\cos\theta)/0.511]= 1/[1+ 0.08*(1-\cos90º)/0.511]=0.865$,继而计算一次散射线能量 E 对应的 kV 值为 80kV×0.865=69.2 kV，近似取为 70kV，再从 NCRP147 报告 TABLE C.1 查取对应于 70kV 的 α、β、γ 数值（具体见表 11-10）；

表 11-10 铅对 70kV 管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数

管电压	α	β	γ
70kV	5.369	23.49	0.5883

将 DSA 复合手术室屏蔽体和介入操作人员防护用屏蔽物的铅当量厚度、表 11-10 中有关的拟合参数 α、β、γ 值代入公式（2），计算相应的散射辐射屏蔽透射因子值，列于表 11-11。

表 11-11 DSA 复合手术室屏蔽体、介入操作人员防护用品屏蔽透射因子计算结果

屏蔽体（设施）			等效铅当量（mm）	B_S
DSA 复合手术室屏蔽体		东墙	3	5.81E-09
		南墙	3	5.81E-09
		西墙	3	5.81E-09
		北墙	3	5.81E-09
		北侧防护门	3	5.81E-09
		南侧防护门	3	5.81E-09
		观察窗	3	5.81E-09
		楼下	5.02	1.13E-13
DSA 复合手术室内介入操作人员防护用品与辅助防护设施	第一术者	铅帘+铅衣	0.5+ 0.5	2.84E-04
		铅帘	0.5	5.35E-03
	第二术者	铅帘+铅衣	0.5+ 0.5	2.84E-04
		铅帘	0.5	5.35E-03

2）关注点处散射辐射空气比释动能率计算结果：

将前述有关参数代入公式（4），计算透视模式下DSA复合手术室外公众、控制室操作人员、DSA 复合手术室内介入操作人员处散射辐射空气比释动能率，计算结果见表11-12。

表 11-12 关注点处散射辐射空气比释动能率计算结果

关注点位置		H_0	I	a	S	Bs	d_0	ds	Hs	
		μGy•m²/(mA•h)	mA	/	cm²	/	m	m	μGy/h	μSv/h
DSA复合手术室	东墙	300000	20	0.0008	256	5.81E-09	0.45	4.50	4.35E-06	6.96E-06
			500						1.09E-04	1.74E-04
	南墙	300000	20	0.0008	256	5.81E-09	0.45	4.80	3.82E-06	6.12E-06
			500						9.56E-05	1.53E-04
	西墙	300000	20	0.0008	256	5.81E-09	0.45	4.83	3.78E-06	6.04E-06
			500						9.44E-05	1.51E-04
	北墙	300000	20	0.0008	256	5.81E-09	0.45	6.92	1.84E-06	2.94E-06
			500						4.60E-05	7.36E-05
	北侧防护门	300000	20	0.0008	256	5.81E-09	0.45	7.28	1.66E-06	2.66E-06
			500						4.16E-05	6.65E-05
	南侧防护门	300000	20	0.0008	256	5.81E-09	0.45	5.48	2.93E-06	4.69E-06
			500						7.34E-05	1.17E-04
	观察窗	300000	20	0.0008	256	5.81E-09	0.45	5.46	2.96E-06	4.73E-06
			500						7.39E-05	1.18E-04
	楼下	300000	20	0.0008	256	1.13E-13	0.45	4.46	8.64E-11	1.38E-10
			500						2.16E-09	3.46E-09
第一术者	铅衣内	300000	20	0.0008	256	2.84E-04	0.45	0.5	1.72E+01	2.76E+01
	铅衣外	300000	20	0.0008	256	5.35E-03	0.45	0.5	3.25E+02	5.19E+02
第二术者	铅衣内	300000	20	0.0008	256	2.84E-04	0.45	1.0	4.31E+00	6.89E+00
	铅衣外	300000	20	0.0008	256	5.35E-03	0.45	1.0	8.12E+01	1.30E+02

2.2.3 关注点处泄漏辐射空气比释动能率计算

1）泄漏辐射空气比释动能率计算公式：

DSA 泄漏辐射剂量率 $\dot{H}_L$ 采用下式计算：

$$\dot{H}_L = \frac{H_1 \cdot B \cdot K}{r^2} \qquad (5)$$

式中：

H_1——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——屏蔽材料对散射线的透射因子，无量纲，计算公式见式（1）（原公式见 GBZ130-2020.公 C.1）；

K—从《用于光子外照射防护的剂量转换系数》（GBZ/T 144-2002）附录表 B2 查取；对于本项目 DSA 运行管电压 80kV 时，查取 K 值为 1.67。

本项目 DSA 正常运行最大管电压 80kV 从 NCRP147 报告 TABLE A.1 查取铅的 X 射线辐射衰减的有关的三个拟合参数 a、β、γ，具体见表 11-6。

将屏蔽体的铅厚度 X、有关的拟合参数 α、β、γ 值（表 11-6）代入公式（2），计算室内介入操作人员防护用品与辅助防护设施的散射辐射屏蔽透射因子，列于表 11-13。

表 11-13　DSA 复合手术室屏蔽体、介入操作人员防护用品屏蔽透射因子计算结果

屏蔽体（设施）			等效铅当量（mm）	B_S
DSA 复合手术室屏蔽体		东墙	3	5.81E-09
		南墙	3	5.81E-09
		西墙	3	5.81E-09
		北墙	3	5.81E-09
		北侧防护门	3	5.81E-09
		南侧防护门	3	5.81E-09
		观察窗	3	5.81E-09
		楼下	5.02	1.13E-13
DSA 复合手术室内介入操作人员防护用品与辅助防护设施	第一术者	铅帘+铅衣	0.5+ 0.5	1.43E-03
		铅帘	0.5	1.37E-02
	第二术者	铅帘+铅衣	0.5+ 0.5	1.43E-03
		铅帘	0.5	1.37E-02

2）泄漏辐射空气比释动能率计算结果：

将有关参数代入公式（5），计算 DSA 复合手术室周围关注点处、DSA 复合手术室内介入操作人员操作位关注点处的泄漏辐射空气比释动能率，计算结果见表 11-14。

表 11-14 关注点处泄漏辐射空气比释动能率计算结果

屏蔽体		H_I	r	r^2	B_S	$\dot{H}_L$	
		mGy/h	m	m^2	/	μGy/h	μSv/h
DSA复合手术室	东墙	1	4.50	20.25	4.15E-07	2.05E-05	3.42E-05
	南墙	1	4.80	23.04	4.15E-07	1.80E-05	3.01E-05
	西墙	1	4.83	23.33	4.15E-07	1.78E-05	2.97E-05
	北墙	1	6.92	47.89	4.15E-07	8.67E-06	1.45E-05
	北侧防护门	1	7.28	53.00	4.15E-07	7.83E-06	1.31E-05
	南侧防护门	1	5.48	30.03	4.15E-07	1.38E-05	2.31E-05
	观察窗	1	5.46	29.81	4.15E-07	1.39E-05	2.33E-05
	楼下	1	4.46	19.89	1.19E-10	5.97E-09	9.96E-09
第一术者	铅衣内	1	0.5	0.25	1.43E-03	5.72E+00	9.56E+00
	铅衣外	1	0.5	0.25	1.37E-02	5.48E+01	9.16E+01
第二术者	铅衣内	1	1	1	1.43E-03	1.43E+00	2.39E+00
	铅衣外	1	1	1	1.37E-02	1.37E+01	2.29E+01

表 11-15 本项目 DSA 复合手术室散射辐射和泄漏辐射关注点处叠加剂量

关注点		操作模式	剂量当量率(μSv/h)			
			有用线束	散射辐射	泄漏辐射	总剂量率
DSA 复合手术室	东墙	透视模式	/	6.96E-06	3.42E-05	4.12E-05
		摄影模式	/	1.74E-04		2.08E-04
	南墙	透视模式	/	6.12E-06	3.01E-05	3.62E-05
		摄影模式	/	1.53E-04		1.83E-04
	西墙	透视模式	/	6.04E-06	2.97E-05	3.58E-05
		摄影模式	/	1.51E-04		1.81E-04
	北墙	透视模式	/	2.94E-06	1.45E-05	1.74E-05
		摄影模式	/	7.36E-05		8.81E-05
	北侧防护门	透视模式	/	2.66E-06	1.31E-05	1.57E-05
		摄影模式	/	6.65E-05		7.96E-05
	南侧防护门	透视模式	/	4.69E-06	2.31E-05	2.78E-05
		摄影模式	/	1.17E-04		1.40E-04
	观察窗	透视模式	/	4.73E-06	2.33E-05	2.80E-05
		摄影模式	/	1.18E-04		1.41E-04

	楼下	透视模式	/	1.38E-10	9.96E-09	1.01E-08
		摄影模式	/	3.46E-09		1.34E-08
	楼上	透视模式	4.47E-05	/	/	4.47E-05
		摄影模式	1.12E-03	/		1.12E-03

从表 11-15 可知，本项目 DSA 复合手术室四周墙体、顶部、底部、各防护门及观察窗外的辐射剂量率均能够满足“周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h”的要求。

2.2.4 周围公众及辐射工作人员年有效剂量估算：

1）年有效剂量估算公式：

①DSA 复合手术室周围公众、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：

$$H_{Er} = D_r \times T \times t \qquad (6)$$

式中：

H_{Er}——X射线外照射年有效剂量,mSv/a；

D_r——关注点处剂量当量率，μSv/h；

T——居留因子；

t—— 年照射时间，h；

②DSA 复合手术室内介入操作人员的外照射辐射年有效剂量计算

借鉴《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）给出的公式进行估算：

$$E = \alpha H_u + \beta H_O \qquad (7)$$

式中：

E ——有效剂量中的外照射分量，单位为毫希沃特（mSv）；

α——系数，有甲状腺屏蔽时，取 0.79；无屏蔽时，取 0.84。

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

β——系数，有甲状腺屏蔽时，取 0.051；无屏蔽时，取 0.100。

H_O——铅围裙外锁骨对应的领口位置佩戴的个人剂量计测得的 H_p（10），单位为毫希沃特（mSv）。

2）年有效剂量估算结果：

①本项目 DSA 复合手术室周围公众、控制室辐射工作人员年有效剂量估算结果

将有关参数代入公式（6），估算 DSA 复合手术室四周公众及控制室辐射工作人员的年附加剂量，见表 11-16。

表 11-16　DSA 复合手术室四周公众及控制室辐射工作人员的年附加剂量

关注点		射线类型	t (h)	T	总剂量率（μSv/h）	年有效剂量 H_{Er}（mSv/a）
DSA 复合手术室	东墙外 30cm	透视模式	150	1/20 (设备间)	4.12E-05	3.09E-07
		摄影模式	11.6		2.08E-04	1.21E-07
	南墙外 30cm	透视模式	150	1/5 (污物走道)	3.62E-05	1.09E-06
		摄影模式	11.6		1.83E-04	4.25E-07
	西墙外 30cm	透视模式	150	1/8 (23 号手术室)	3.58E-05	1.34E-07
		摄影模式	11.6		1.81E-04	5.24E-08
	北墙外 30cm	透视模式	150	1/5 (洁净走道)	1.74E-05	5.23E-07
		摄影模式	11.6		8.81E-05	2.04E-07
	北侧防护门外 30cm	透视模式	150	1/5 (洁净走道)	1.57E-05	4.72E-07
		摄影模式	11.6		7.96E-05	1.85E-07
	南侧防护门外 30cm	透视模式	150	1/5 (污物走道)	2.78E-05	8.33E-07
		摄影模式	11.6		1.40E-04	3.26E-07
	观察窗外 30cm	透视模式	150	1 (控制室)	2.80E-05	4.20E-06
		摄影模式	11.6		1.41E-04	1.64E-06
	楼下距地 170cm	透视模式	150	1/2 (超声科)	1.01E-08	7.58E-10
		摄影模式	11.6		1.34E-08	7.78E-11
	楼上距地 100cm	透视模式	150	1/20 (设备机房)	4.47E-05	3.35E-07
		摄影模式	11.6		1.12E-03	6.48E-07

由表 11-16 可知，本项目 DSA 复合手术室四周公众的年附加剂量最大值透视模式下为 1.09E-06mSv、摄影模式下为 4.25E-07mSv，考虑透视和摄影模式叠加后为 1.52E-06mSv，能满足公众项目管理目标 0.1mSv/a 的要求；控制室辐射工作人员的年附加剂量最值透视模式下为 4.20E-06mSv、摄影模式下为 1.64E-06mSv，考虑透视和摄影模式叠加后为 5.84E-06mSv，能满足辐射工作人员项目管理目标 5mSv/a 的要求。

②本项目 DSA 复合手术室内介入操作人员年有效剂量估算结果

辐射工作人员在透视模式下进入 DSA 复合手术室进行操作，由表 9-3 可知，年照射时间约为 150.0h，将有关参数代入公式（7），计算第一术者、第二术者年有效剂量，结果列于表 11-17。

表 11-17 介入操作人员年有效剂量估算结果

/	α	β	剂量当量率（μSv/h）				年照射时间（h）	年有效剂量 E（mSv）
			部位	散射线	漏射线	合计		
第一术者	0.79	0.051	铅衣内	27.6	9.56	37.16	150	9.07
			铅衣外	519	91.6	610.6		
第二术者			铅衣内	6.89	2.39	9.28		2.27
			铅衣外	130	22.9	152.9		

由表 11-17，本项目 DSA 手术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 9.07mSv、2.27mSv，第一术者操作位由 2 人承担（第一术者操作位每人年工作时间约 75h），第一术者操作位（手术医生）年有效剂量不超过 4.54mSv。第二术者操作位由 1 人承担，年有效剂量不超过 2.27mSv。DSA 手术室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。

③

本项目 DSA 复合手术室周围 50m 范围内保护目标主要为辐射工作人员，医疗综合楼、2 号住院楼内医护人员、患者及患者家属、院内道路的行人。根据表 11-16 计算结果，DSA 复合手术室周围公众可达处（取屏蔽墙外 30cm 处参考点）最大年附加剂量＜0.01mSv，由于辐射影响与距离平方成反比关系以及墙体、楼体结构的屏蔽作用，最大年附加剂量均＜0.01mSv，因此本项目周围保护目标的年有效剂量能够满足 0.1mSv 的剂量限值要求。

④医疗综合楼四层介入中心 3 间 DSA 机房辐射影响分析

本项目 DSA 复合手术室位于太湖总院院区医疗综合楼四层，手术室位置在楼层中央的手术中心场所内。医院在楼层东北侧介入中心内还建设有 3 间 DSA 机房，与本项目 DSA 复合手术室平面直线距离超过 120 米以上，由于辐射影响与距离平方成反比关系以及墙体、楼体结构的屏蔽作用，故不考虑辐射剂量叠加；手术中心与介入中心的辐射工作人员分科室管理，故不考虑辐射工作人员年有效剂量叠加影响。

事故影响分析

1 潜在事故分析

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

（1）DSA 操作人员违反放射操作规程或误操作，造成意外照射；

（2）操作时其他无关人员滞留手术室内，受到照射；

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

（4）在射线装置出束时人员误入 DSA 复合手术室受到照射；

（5）DSA 设备调试和维修过程中责任者脱岗或操作失误导致的人员误照事故。

2 辐射事故处置方法及预防措施

DSA 属于II类射线装置，根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》及《江苏省辐射污染防治条例》的规定，可能发生的事故是指射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。可能发生的事故类型为一般辐射事故照射，在发生事故后：

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

（2）立即向单位领导汇报，并控制现场区域，防止无关人员进入；

（3）对可能受到大剂量照射的人员，及时送医院检查和治疗；

医院应制定辐射安全管理制度和应急预案，加强职工辐射防护知识的培训。成立辐射安全工作领导小组，应对本单位的应急组织人员、救护计划和方法、救援器材和设备以及联络方式进行明确布置和安排，统一部署下定期组织演练，一旦事故发生时可立即执行，加强辐射安全管理，严格落实使用射线装置时需两人在场的管理体制，定期检查 DSA 及各项安全防护装置的性能，尽可能避免辐射事故的发生。发生辐射事故时，应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要防范措施，在 1 小时内向所在地生态环境部门和卫健委报告，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，造成或可能造成人员超剂量照射的，同时向当地生态环境部门、卫生健康部门报告。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，使用放射性同位素和射线装置的单位，应当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。

苏州市立医院已成立辐射安全与环境保护管理领导小组，并以文件形式明确管理领导小组职责。太湖总院为新建院区，医院计划修订辐射安全与环境保护管理领导小组，设立一名辐射防护负责人。医院计划为本项目新增 5 名辐射工作人员，辐射工作人员均应通过生态环境部培训平台上科目为“医用 X 射线诊断与介入放射学”的线上考核方可上岗，辐射防护负责人应通过生态环境部培训平台上科目为“辐射安全管理”的线上考核方可上岗。

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许可管理办法》要求，使用II类射线装置的单位，应建立健全的《辐射防护和安全保卫制度》、《操作规程》、《岗位职责》、《设备维护检修制度》、《医用射线装置使用登记制度》、《医用射线装置台账管理制度》、《辐射工作人员培训计划》、《环境监测方案》、《辐射事故处理应急预案》等。医院已建立辐射安全管理制度，医院应参考本环评要求，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。现对各项制度提出相应的建议和要求：

辐射防护安全管理制度：结合医院的具体情况，明确辐射防护和安全保卫制度中对于 DSA 的要求，在 DSA 工作场所周围显著位置设置电离辐射警告标志。

操作规程：制定 DSA 操作规程，并明确 DSA 工作人员的资质、DSA 治疗流程及手术过程中应采取辐射防护措施和辐射安全注意事项，重点明确 DSA 治疗过程中必须采取的辐射安全措施，工作人员操作前要熟悉治疗计划（要核对诊疗方案），发现问题及时解决。

岗位职责：明确 DSA 项目工作人员、设备管理人员等的岗位责任，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，并层层落实。

设备维护检修制度：明确 DSA 设备、辐射检测仪器、DSA 复合手术室工作状态指示灯、闭门装置、防夹装置在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措

施，确保设备及辐射安全装置有效运转。重点是闭门装置、辐射检测仪器必须保持良好工作状态，还应增加辐射监测设备的维修计划、维修记录，确保 DSA、辐射测量仪等仪器设备保持良好工作状态。

医用射线装置使用登记制度：针本项目具体情况，建立 DSA 台帐登记管理制度，重点是 DSA 的使用、购买、报废情况等由专人负责登记、专人形成台帐、定期核对，确保正确无误，帐物相符；明确对射线装置的使用人、使用时间、开机工况、诊断记录等均需要进行登记。医院应在日常工作中落实到位，对射线装置使用进行登记，做到有据可查。

医用射线装置台账管理制度：制度要明确射线装置的型号、规格、数量、管电压、输出电流、用途等均要求记录在台账上，并要求射线装置更换时应及时向环保部门及卫健委及时备案。医院应在日常工作中落实到位，对射线装置参数、变更等均及时记录在台账上，做到有据可查。

辐射工作人员培训计划：明确医院组织辐射工作人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台上进行培训和考核，未取得考核合格证书或证书过期不得上岗；明确医院自行培训内容、周期和考核；该制度还应明确考核的办法内容，并强调对培训档案的管理，做到有据可查。

环境监测方案：针对本项目具体情况，编写环境监测方案，明确应委托有资质单位进行放射性工作场所监测频次和监测项目，监测结果定期上报生态环境部门；明确对辐射工作人员定期进行个人剂量监测（一个季度一次）；明确对辐射工作人员定期进行职业健康体检（1 次/2 年）。该制度还应明确医院自行对放射性工作场所监测频次和监测项目，并对监测结果、监测项目等进行记录；应明确建立个人剂量档案和职业健康档案。

综上所述，医院在落实上述制度后，能够确保医院 DSA 的安全使用，满足国家相关的管理及技术层面要求。

辐射监测

1 监测设备

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，使用放射源、非密封放射性物质和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。

本项目属于新建项目，医院计划配备 1 台环境辐射巡测仪，用于定期对 DSA 工作场所周围环境辐射水平监测，并做好监测记录；计划配备 2 台个人剂量报警仪，工作人员佩戴个人剂量报警仪后方可进入 DSA 复合手术室。

医院计划委托有资质的单位对辐射工作人员进行个人剂量检测，并按相关要求建立辐射工作人员个人剂量监测档案。医院计划每两年安排辐射工作人员进行职业健康体检，并按要求建立了辐射工作人员职业健康监护档案。

2 监测方案

医院使用的 DSA 属II类射线装置，根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，本项目须配置至少 1 台便携式 X-γ 剂量率仪，以满足射线装置日常运行时，对 DSA 复合手术室周围 X 射线的辐射泄漏和散射的巡测。

医院拟配备 1 台剂量率巡检仪及 2 台个人剂量报警仪，能够满足审管部门对于监测仪器配备的要求。

医院拟每年委托有资质的单位对辐射工作场所和周围环境的辐射水平进行监测；本项目辐射工作人员拟佩带个人剂量计监测累积剂量，定期（每 1 个月/次，最长不超过 3 个月/次）送有资质单位进行个人剂量测量，并建立个人剂量档案。医院拟定期（两次检查的时间间隔不应超过 2 年）安排辐射工作人员进行职业健康体检，并建立职业健康档案。医院拟每年对辐射安全和防护状况进行年度评估，每年 1 月 31 日前将年度评估报告上传至国家核技术利用申报系统，年度评估发现安全隐患的，应当立即整改。本项目辐射监测方案见表 12-1。

表 12-1 辐射监测方案

监测对象	监测项目	监测方式	监测周期	监测点位
太湖总院医疗综合楼四层手术中心 DSA 复合手术室	X-γ 周围剂量当量率	验收监测	1 次	DSA 复合手术室周围各关注点处，如四面墙体、地板、顶棚、机房门、控制室门、观察窗、管线洞口、工作人员操作位等
		工作场所年度监测，委托有资质的单位进行	1 次/年	
		定期自行开展辐射监测	每 1 个月/次	
辐射工作人员	个人剂量当量	委托有资质的单位进行	每 3 个月/次	/

辐射事故应急

为有效预防、及时控制和消除辐射事故所致的危害，加强医院射线装置安全监测和控制等管理工作，保障辐射工作人员、受检者以及周围人员的健康安全，避免环境辐射污染，医院已制定《辐射事故应急方案》，并按时组织参加辐射事故应急演练。该方案明确了应急组织体系及职责、突发事件的监测预警与报告、现场处置、善后处理、应急保障和辐射事故应急演习等内容。在后续工作中，医院应根据实际情况对应急方案进行修订完善，严格落实该应急预案，定时组织相关人员参加辐射事故应急演练。

表 13 结论与建议

结论

1 辐射安全与防护分析结论

1.1 项目位置

苏州市立医院太湖总院位于苏州市吴中区太湖街道天鹅荡路 80 号。本项目位于医疗综合楼四层手术中心 DSA 复合手术室，据现场调查可知，根据现场调查可知，本项目周围 50m 范围内无居民区、学校等敏感点。

1.2 项目分区及布局

本项目工作场所主要由 DSA 复合手术室、控制室和设备间等构成，且 DSA 复合手术室与其它房间分开单独设置，区域划分明确，工作场所布局合理。医院将 DSA 复合手术室内区域划分为控制区，在控制区的进出口及适当位置处设置醒目的电离辐射警告标志和工作状态指示灯，制定放射安全防护管理制度，严格限制无关人员进出控制区，在正常工作过程中，控制区内不得有无关人员进入；将与 DSA 复合手术室相邻的控制室、设备间划为监督区，同时将 DSA 复合手术室南北两侧防护门外 30cm 纳入监督区管理。在监督区入口处的适当地点设立表明监督区的标牌，对该区不采取专门防护手段或安全措施，但定期检测其辐射剂量率。综上所述本项目分区布局符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的规定。

1.3 实践正当性分析

本项目的建设将满足医院的医疗需求，创造更大的经济效益和社会效益，在落实辐射安全与防护管理措施后，其带来的效益远大于可能对环境造成的影响，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。

1.4 辐射安全措施

本项目设计有相应的辐射安全装置和保护措施，主要有：医院拟在控制台处设计有观察窗，可通过观察窗观察手术室内患者状态；医院拟在北侧防护门设置工作状态指示灯，警示灯箱处设置警示语句，并在醒目位置张贴“当心电离辐射”以及放射防护注意事项；医院拟在北侧防护门设置门-灯联锁装置，工作状态指示灯与防护门能有效联动；医院在北侧防护门设置防夹装置；医院拟在南侧防护门处设置自动闭门装置；

医院拟为 DSA 工作人员配备双个人剂量计；医院拟在 DSA 复合手术室内诊断床上设置急停按钮 1 个，拟在控制室控制台上设置急停按钮 1 个；医院拟为参与介入手术的辐射工作人员配备一系列的防护用品。

本项目在落实以上辐射安全措施后，能够满足辐射安全要求。

1.5 辐射安全管理

苏州市立医院已成立辐射安全与环境保护管理领导小组，并以文件形式明确管理领导小组职责。医院已设立辐射防护负责人，计划在太湖总院定员后修订辐射安全与环境保护管理领导小组成员。

苏州市立医院太湖总院计划委托有资质的单位对新增辐射工作人员进行个人剂量监测，并按相关要求建立了辐射工作人员个人剂量监测档案；医院拟定期（两次检查的时间间隔不应超过 2 年）安排辐射工作人员进行职业健康体检，并建立职业健康档案；医院已安排新增辐射工作人员参加国家核技术利用辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训。医院根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》计划制定辐射安全管理制度，医院应结合单位实际情况对现有辐射安全管理制度进行完善补充并在实际工作中落实。

苏州市立医院太湖总院计划为本项目新购置 2 台辐射剂量报警仪和 1 台辐射剂量巡测仪，用于辐射工作过程中瞬时辐射剂量的报警以及定期对介入治疗工作场所周围环境辐射水平监测，并做好监测记录。

2 环境影响分析结论

2.1 辐射防护影响预测

本项目手术室屏蔽体等效铅当量不小于 3mmPb，能够满足《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 2mmPb。

2.2 保护目标剂量

根据分析预测，在做好个人防护措施和安全措施的情况下，DSA 辐射工作人员及周围公众年受照剂量均能够满足《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）。

2.3 三废处理处置

医院拟在 DSA 复合手术室顶部设置排风口、送风口，东、西侧墙体底部设置回风口。通过独立的排风系统将废气排出室外。DSA 复合手术室内空气在 X 射线作用下分解产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，通过排风系统排入大气，臭氧在常温下可自行分解为氧气，对环境影响较小。

3 可行性分析结论

综上所述，苏州市立医院新增一台 DSA 项目在落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后，该医院将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和具备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，从辐射环境保护角度论证，该项目的建设和运行是可行的。

建议与承诺

1、该项目运行中，应严格遵守操作规程，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、各项环保设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、项目建成后医院应及时申请办理辐射安全许可证，并按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的有关规定进行自主环境保护验收工作，验收期限一般不超过 3 个月，最长不超过 12 个月。

附表：本项目“三同时”措施一览表

项目	“三同时”措施	预期效果	投资（万元）
辐射安全管理机构	苏州市立医院已成立辐射安全与环境保护管理领导小组，并以文件形式明确管理领导小组职责。医院已设立辐射防护负责人，计划在太湖总院定员后修订辐射安全与环境保护管理领导小组成员。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求。	/
辐射安全和防护措施	四侧墙体采用钢龙骨架+3mm 铅板，顶部和底部为16cm 混凝土楼板+3mmPb 硫酸钡水泥，防护门采用3mmPb 铅板，观察窗采用 3mmPb 铅玻璃。	满足机房表面外辐射剂量率不超过 2.5μSv/h。辐射工作人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv。	75
	医院拟在控制台处设计有观察窗，可通过观察窗观察手术室内患者状态；医院拟在北侧防护门设置工作状态指示灯，警示灯箱处设置警示语句，并在醒目位置张贴“当心电离辐射”以及放射防护注意事项；医院拟在北侧防护门设置门-灯联锁装置，工作状态指示灯与防护门能有效联动；医院在北侧防护门设置防夹装置；医院拟在南侧防护门处设置自动闭门装置；医院拟为 DSA 工作人员配备双个人剂量计；医院拟在DSA 复合手术室内诊断床上设置急停按钮 1 个，拟在控制室控制台上设置急停按钮 1 个；医院拟为参与介入手术的辐射工作人员配备一系列的防护用品。 污染防治措施： 医院拟在DSA复合手术室顶部设置排风口、送风口，东、西侧墙体底部设置回风口。通过独立的排风系统将废气排出室外。DSA 复合手术室内空气在 X 射线作用下分解产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，通过排风系统排入大气，臭氧在常温下可自行分解为氧气，对环境影响较小。 本项目工作人员和患者产生的普通生活污水，由院内污水处理站统一处理。 本项目固体废物（如：棉签、纱布、手套、器具等医疗废物）贮存于污洗间，由医院统一作为医疗废物处理。	满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中的要求。	
人员配备	计划安排本项目辐射工作人员通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名学习辐射安全和防护专业知识。	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》中关于人员培训、个人剂量监测及职业健康体检的相关要求。	定期投入
	计划安排本项目辐射工作人员开展个人剂量检测（1个月/次，最长不超过3个月/次），并按相关要求建立辐射工作人员个人剂量监测档案		
	已安排本项目辐射工作人员进行职业健康体检。医院将定期（两次检查的时间间隔不应超过 2 年）组织辐射工作人员进行职业健康体检，并按相关要求建立辐		

	射工作人员职业健康监护档案。		
监测仪器和防护用品	医院计划为本项目新购置 2 台辐射剂量报警仪和 1 台辐射剂量巡测仪。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中使用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监测仪器要求。	5
辐射安全管理制度	医院应根据相关标准要求，已制定一系列辐射安全管理制度，医院还应根据相关条例、办法以及本报告的要求对制度的内容进行完善补充，并在今后运行中结合实际工作不断完善，使其具有较强的针对性和可操作性。	满足《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》 中的有关要求，使用射线装置的单位要健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度等，并有完善的辐射事故应急方案。	/

以上措施必须在项目运行前落实。

表 14 审批

审批意见：   <