核技术利用建设项目

汤阴县总医院

拟建1台数字减影血管造影机应用项目

生态环境影响报告表

（报批版）

汤阴县总医院

二〇二六年十一月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

汤阴县总医院
拟建1台数字减影血管造影机应用项目
生态环境影响报告表

建设单位名称：汤阴县总医院（汤阴县人民医院、安阳市第八人民医院）

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：河南省汤阴县汤北新城区光明路东、人和路北

邮政编码：456150 **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 19
表3 非密封放射性物质 20
表4 射线装置 21
表5 废弃物（重点是放射性废弃物） 22
表6 评价依据 23
表7 保护目标与评价标准 25
表8 环境质量和辐射现状 32
表9 项目工程分析与源项 36
表10 辐射安全与防护 42
表11 环境影响分析 53
表12 辐射安全管理 73
表13 结论与建议 81
表14 审批 84
附件一 委托书 85
附件二 事业单位法人证书 86
附件三 辐射安全许可证 87
附件四 本项目配备的工作人员辐射安全培训证书 92
附件五 原有核技术应用项目环保手续 95
附件六 工作场所环境辐射本底水平检测报告 105
附件七 关于成立辐射安全与防护监督管理领导小组的通知 117
附件八 辐射安全管理制度 119
附件九 辐射事故应急预案 140
附件十 辐射防护剂量管理目标值 151
附件十一 DSA手术室防护措施设计方案 152
附件十二 项目技术评审意见及修改确认表 154

表1 项目基本情况

<table>
<tr><td>项目名称</td><td colspan="6">汤阴县总医院拟建1台数字减影血管造影机应用项目</td></tr>
<tr><td>建设单位</td><td colspan="6">汤阴县总医院（汤阴县人民医院、安阳市第八人民医院）</td></tr>
<tr><td>法人代表</td><td>[redacted]</td><td>联系人</td><td>[redacted]</td><td>联系电话</td><td colspan="2">[redacted]</td></tr>
<tr><td>注册地址</td><td colspan="6">河南省汤阴县汤北新城区光明路东、人和路北</td></tr>
<tr><td>建设地点</td><td colspan="6">河南省汤阴县汤北新城区光明路东、人和路北汤阴县总医院门诊医技楼东区一层DSA手术室</td></tr>
<tr><td>立项审批部门</td><td colspan="2">/</td><td>批准文号</td><td colspan="2">/</td></tr>
<tr><td>建设项目总投资（万元）</td><td>980</td><td>项目环保投资（万元）</td><td>40万元</td><td>投资比例（环保投资/总投资）</td><td>4.08%</td></tr>
<tr><td>项目性质</td><td colspan="3">□新建 □改建 ☑扩建 □其它</td><td>占地面积</td><td>1114m^2</td></tr>
<tr><td rowspan="11">应用类型</td><td rowspan="2">放射源</td><td>□销售</td><td colspan="4">□I类 □II类 □III类 □IV类 □V类</td></tr>
<tr><td>□使用</td><td colspan="4">□I类（医疗使用） □II类 □III类 □IV类 □V类</td></tr>
<tr><td rowspan="3">非密封放射性物质</td><td>□生产</td><td colspan="4">□制备PET用放射性药物</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="4">/</td></tr>
<tr><td>□使用</td><td colspan="4">□乙 □丙</td></tr>
<tr><td rowspan="3">射线装置</td><td>□生产</td><td colspan="4">□II类 □III类</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="4">□II类 □III类</td></tr>
<tr><td>☑使用</td><td colspan="4">☑II类 □III类</td></tr>
<tr><td>其它</td><td colspan="5">/</td></tr>
</table>

1.1 项目概述

1.1.1 建设单位简介

汤阴县总医院（汤阴县人民医院、安阳市第八人民医院），以下简称“建设单位”，位于河南省汤阴县汤北新城区光明路东、人和路北，属社会公益性事业单位，成立于1947年，编制床位650张。医院设有多个科室，配备奥泰1.5T核磁共振、西门子CT等万元以上设备345台，设有10间层流手术室。拥有儿科、重症

医学科、骨科3个省级重点专科，其胸痛中心通过国家级认证。新院区占地230亩，建筑面积9万平方米。2025年经评审获批为县域首家三级综合医院，开展心脏介入、脑血管介入等复杂手术。作为县域医共体牵头单位，承担汤阴及周边200余万人口的医疗保障任务。

目前医院已取得辐射安全许可证，证书编号：豫环辐证[90007]，有效期至2027年05月23日，活动种类和范围：使用II类、III类射线装置，详见附件三。

1.1.2 核技术应用的目的和由来

为提供更好的医疗环境，建设单位拟新购1台数字减影血管造影机（以下简称“DSA”），设置于门诊医技楼东区一层DSA手术室。数字减影血管造影机（DSA）属于II类射线装置，本项目DSA装置的应用目的和任务是：用于心血管介入手术、神经内科手术、外周血管手术医疗诊断及介入治疗等。

根据《中华人民共和国生态环境法典》及《建设项目环境保护管理条例》等法律、法规的规定，本项目应在实施前开展环境影响评价；根据《中华人民共和国生态环境法典》，项目建设单位在重新申请《辐射安全许可证》前，应组织编制或者填报环境影响评价文件，并依照国家规定程序报生态环境主管部门审批。

根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021年版）的规定，本项目属于《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021年版）中的“五十五、核与辐射”中“172、核技术利用建设项目—使用II类射线装置”，应编制生态环境影响报告表。因此，建设单位委托河南华惠检测研究院有限公司开展汤阴县总医院拟建1台数字减影血管造影机（DSA）应用项目生态环境影响报告表的编制工作，委托书见附件一。

在接受委托后，评价单位对本项目进行现场调查，在查阅设计资料的基础上，结合本项目的辐射危害特征，从辐射防护的角度论证项目的可行性，按照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的要求，编制完成了本生态环境影响报告表。

1.2 项目概况

1.2.1 项目建设内容及规模

为满足汤阴县人民诊疗需求，医院拟在门诊医技楼东区一层DSA手术室新增1台数字减影血管造影机（DSA）（最大管电压125kV，最大管电流1000mA），该设备属于II类射线装置，用于心血管介入手术、神经内科手术、外周血管手术医疗诊断及介入治疗。本项目射线装置详细信息见表1-1。

表 1-1　本项目射线装置基本信息一览表

设备名称	类别	数量	主要参数	单台开机时间	年最大开机时间
DSA	II类	1 台	最大管电压 125kV 最大管电流 1000mA	摄影：2min/台 透视：15min/台	摄影 9.33h/a 透视 70h/a
注：根据医院提供资料，年最大工作量为 280 台/年。					

1.2.2 项目组成及主要环境问题

项目组成及主要环境问题见表1-2。

表 1-2　项目组成及主要的环境问题一览表

名称	建设内容及规模	可能产生的环境问题	
		施工期	运营期
主体工程	新增一台数字减影血管造影机（DSA）（最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA），该设备属于II类射线装置；DSA 手术室位于医技楼东区一层，DSA 手术室占地面积为 44.55m^2	主要产生装修废气和施工扬尘、施工废水和生活污水、机器噪声、建筑垃圾和施工人员产生的生活垃圾等。本项目在已建医技中心大楼中改造，施工量较小，且均在室内进行，对外环境影响很小，随着工程的结束影响也随之消失，无施工期遗留问题。	X射线、臭氧、氮氧化物、医疗废物、医疗废水、设备维修更换的废旧 X 射线管
辅助工程	DSA 装置配套房间：依托医院现有污物储存间、谈话间、配电间、洁具间、准备间、无菌间、药品间、铅衣间等		/
公用工程	依托医院现有的供水、排水、配电、供电和通信系统等		/
办公及生活设施	配套办公室、值班室、男更衣室、女更衣室、卫浴等		生活污水、生活垃圾（人员调剂，均不新增）

1.3 劳动定员及工作制度

（1）劳动定员：拟为本项目DSA调配工作人员6名，均为现有辐射工作人员，本项目配备的辐射工作人员待本项目建成后，与原工作不交叉进行。6人均已获得辐射安全培训证书，成绩合格，且在有效期内。该项目拟配备放射工作人员相关信息见表1-3。

表 1-3 该项目拟配备放射工作人员相关信息一览表

	性别	证书编号	有效期起止时间
	女		2023年02月25日至2028年02月25日
	男		2021年12月03日至2026年12月03日
	女		2024年07月23日至2029年07月23日
	女		2023年09月27日至2028年09月27日
	女		2023年09月27日至2028年09月27日
	女		2023年10月27日至2028年10月27日

（2）工作制度：每天工作8小时，每年工作按310天计。

1.4 项目地理位置和周边保护目标关系

建设单位位于河南省汤阴县汤北新城区光明路东、人和路北，医院东侧为天下城小区及鼎旺广场，西侧为光明路，南侧为人和大道，北侧为崇文大道。建设单位地理位置详见图1-1，外环境关系示意图见图1-2。

本项目DSA装置拟建于门诊医技楼东区一层，门诊医技楼位于医院中部。门诊医技楼东侧为设备用房及绿化景观，南侧为院内道路，西侧为院内道路，北侧为病房楼。建设单位总平面布置及评价范围示意图见图1-3。

本项目拟利用门诊医技楼东区一层原有碎石机房，改建为1间DSA手术室，手术室现状为空机房，拟建DSA手术室的东墙外为室内走廊，南墙外为室内走廊，西墙外为乳腺机房，北墙外为控制室，DSA手术室楼上为女更衣室、室内过道、备用房间及微量元素室，楼下为土层。

医院平面布置图及本项目50m评价范围示意图见图1-4， 本项目改造前门诊医技楼一层局部平面布置图见图1-5，门诊医技楼二层局部平面布置图见图1-6，本项目改造后DSA手术室所在一层路线图见图1-7，项目现场踏勘示意图详见图1-8。



图 1-1　建设单位地理位置图



图 1-2　建设单位外环境关系示意图

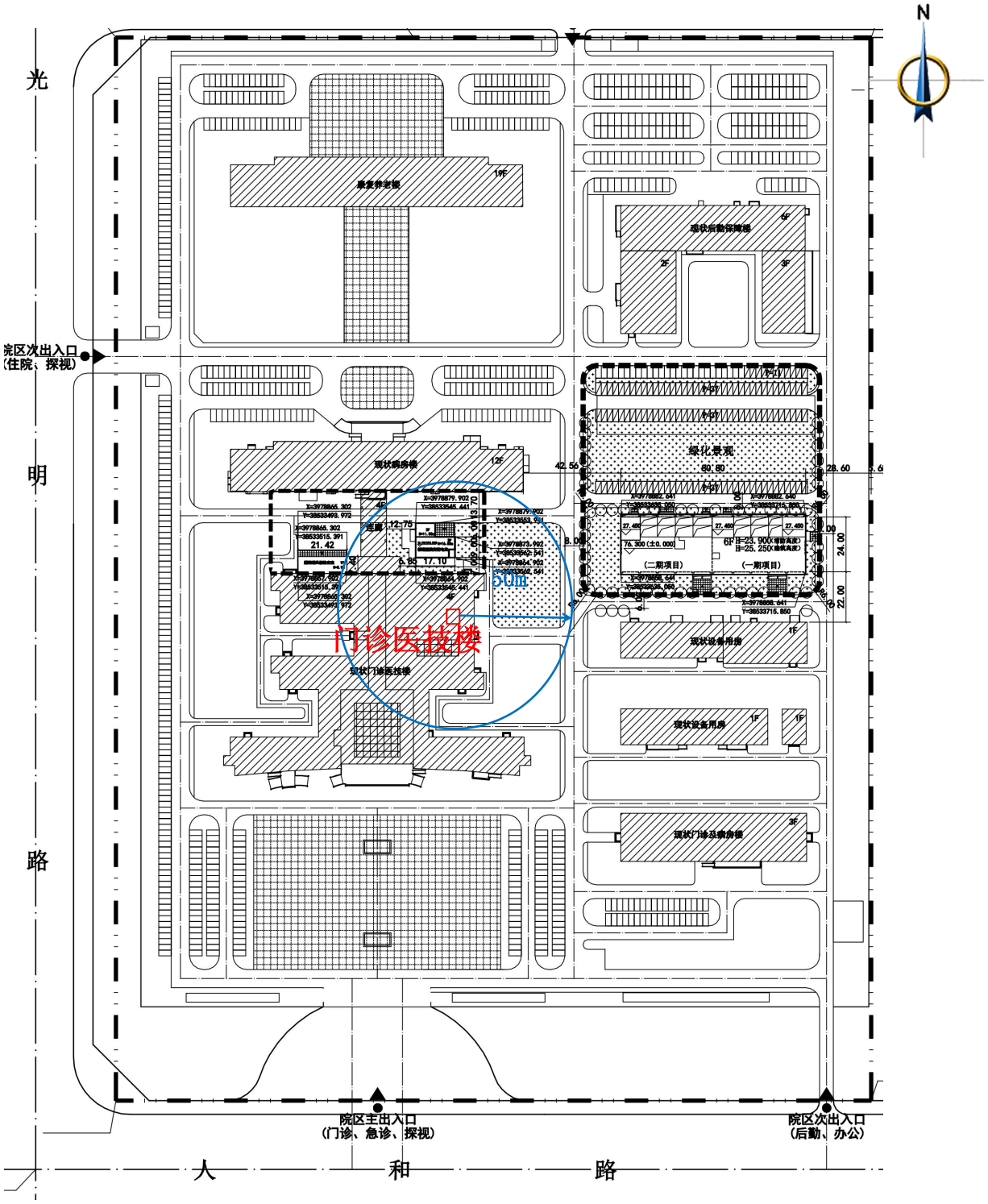


图 1-3　建设单位总平面布置图

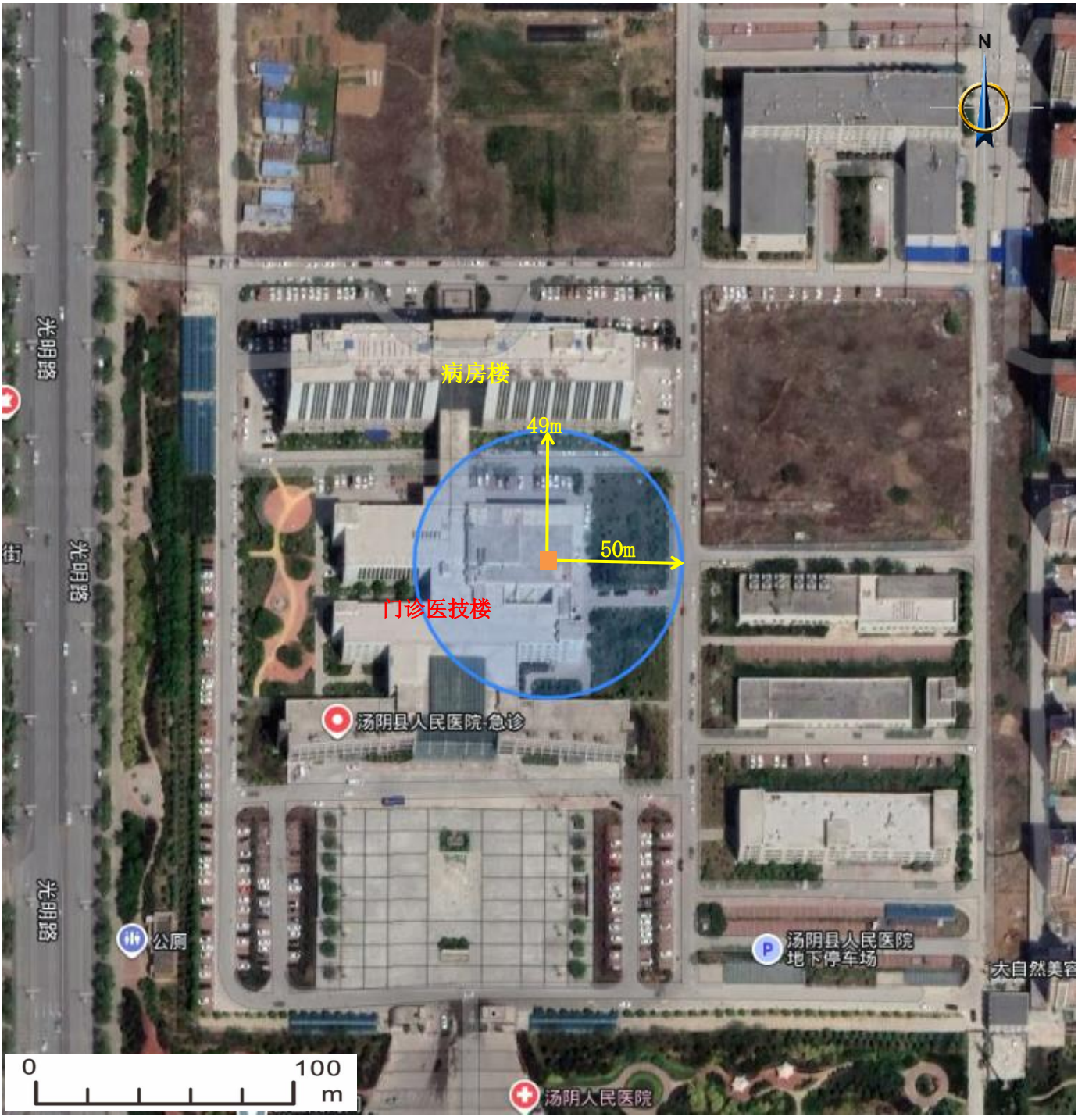


图 1-4　医院平面布置图及本项目 50m 评价范围示意图

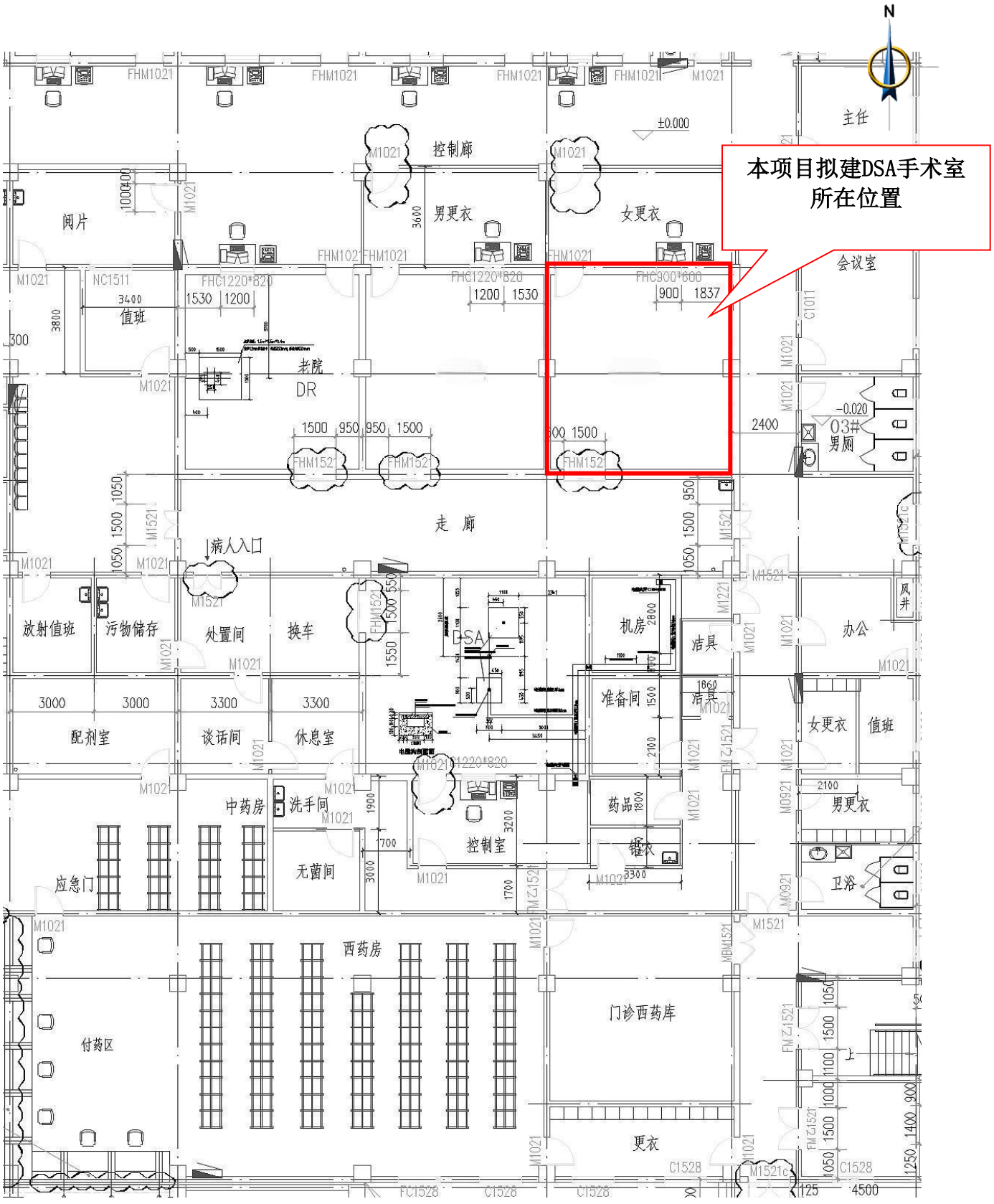


图1-5　本项目改造前门诊医技楼一层局部平面布置图

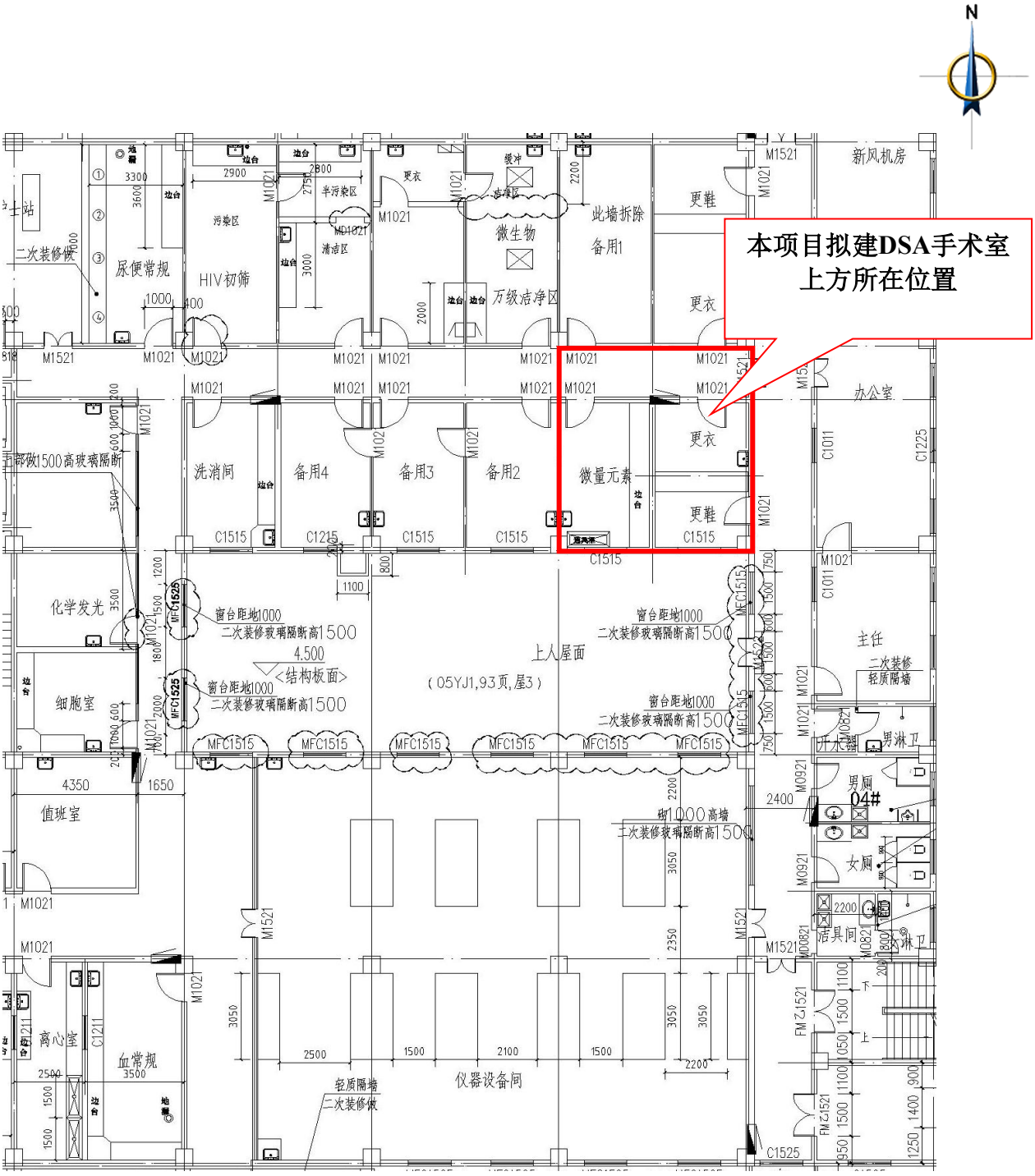


图1-6　门诊医技楼二层局部平面布置图

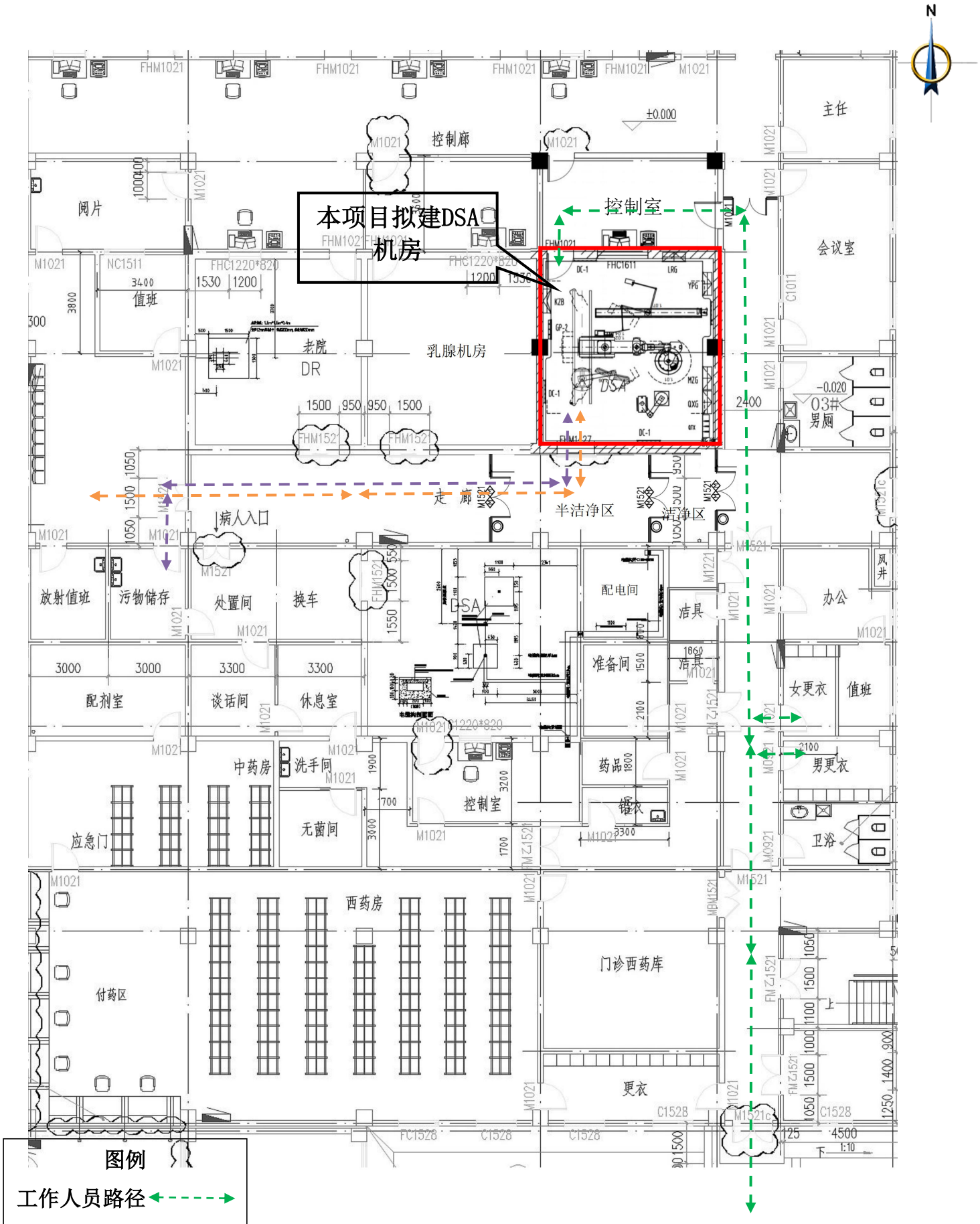
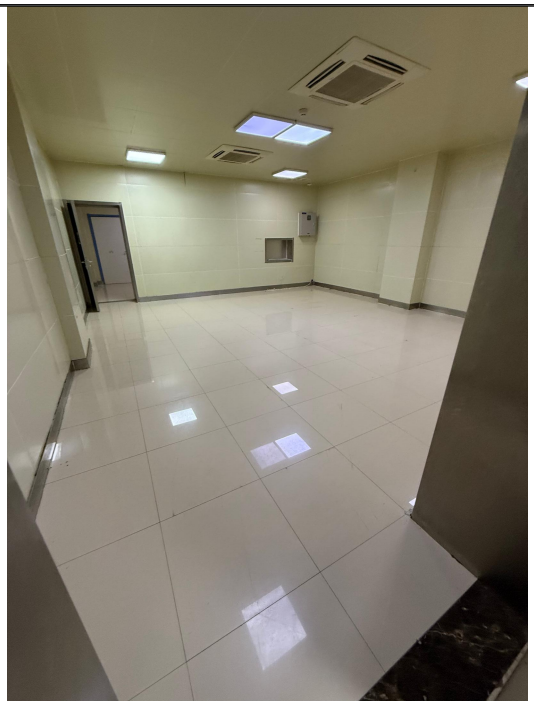


图 1-7 本项目改造后 DSA 手术室所在一层路线图



拟建DSA手术室现状照片



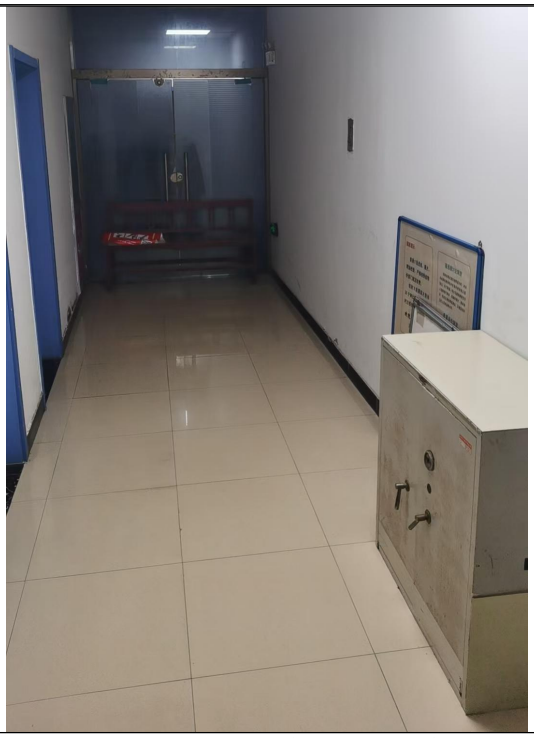
拟建DSA手术室北侧控制室



拟建DSA手术室南侧室内走廊



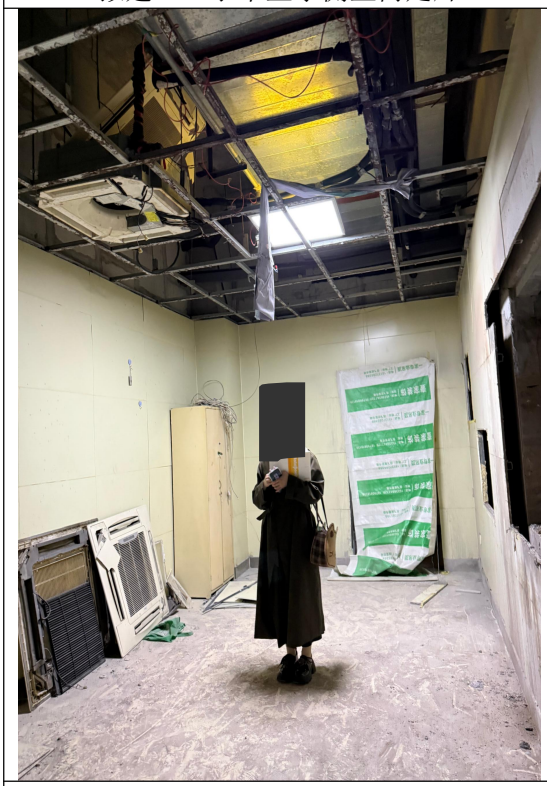
拟建DSA手术室西侧乳腺机房



拟建DSA手术室东侧室内走廊



拟建DSA手术室上方女更衣室



工程师现场踏勘



工程师现场踏勘

图 1-8　项目现场踏勘示意图

1.5 选址、布局合理性分析

本项目位于医院内部，不新增土地，项目用地属于医疗卫生用地，DSA手术室及其配套用房拟建于门诊医技楼一层东区。

本项目DSA手术室现状为空机房，配套用房依托原有DSA手术室。本项目建设完成后：DSA手术室的东墙外为室内走廊，南墙外为室内走廊，西墙外为乳腺机房，北墙外为控制室，DSA手术室楼上为女更衣室、室内过道、备用房间及微量元素室，楼下为土层。

DSA手术室有效使用面积为（6.95m×6.41m=44.55m^2）44.55m^{2}及最小单边长度均为6.41m，符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中单管头X射线设备（含C形臂）手术室有效使用面积不小于20m^2，最小单边长度不小于3.5m的要求。

由图1-5可知，DSA手术室与控制室独立分开，依托原有辅助用房，配备有污物储存间、谈话间、配电间、洁具间、准备间、无菌间、药品间、铅衣间等，配备齐全，能够满足介入治疗的需要。

放射工作人员流向：放射工作人员从医务通道进入男/女更衣室，然后通过男/女更衣室经工作人员医务通道走廊进入控制室和DSA手术室对患者进行介入治疗，工作结束后原路返回离开工作场所。

患者流向：患者从病人入口处进入走廊从DSA手术室南侧受检者防护门进入，完成介入治疗后，在护理人员协助下进入恢复室，待恢复后原路返回离开。

污物流向：介入手术结束后，污物从DSA手术室南侧受检者防护门通过走廊进入污物暂存间，后经污物暂存间暂存后定时集中送出，避开患者进出手术室时段，避免路线交叉。

DSA手术室平面布局考虑了对周围环境和人员的安全防护，通过下文的屏蔽计算得知本项目拟采取的屏蔽措施和安全防护措施满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）要求，选址充分考虑了公众及周围场所的防护和安全，因此，本项目的选址、场所布局合理。

1.6 产业政策符合性分析

本项目属于国家发展和改革委员会制订的《产业结构调整指导目录（2024年本）》中鼓励类第十三项“医药”中第4款“高端医疗器械创新发展：新型基因、蛋白和细胞诊断设备，新型医用诊断设备和试剂，高性能医学影像设备，高

端放射治疗设备，急危重症生命支持设备，人工智能辅助医疗设备，移动与远程诊疗设备，高端康复辅助器具，高端植入介入产品，手术机器人等高端外科设备及耗材，生物医用材料、增材制造技术开发与应用”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

1.7 医疗实践正当性分析

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中“4.3辐射防护要求”“4.3.1实践的正当性4.3.1.1对于一项实践，只有在考虑了社会、经济和其他有关因素之后，其对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害时，该实践才是正当的”。

建设单位地理位置优越，病人能够就近治疗；DSA装置的应用，具有其他技术无法替代的特点，在延缓病情、保证病人健康、挽救病人生命方面能起到十分重要的作用。本项目的应用将为病人提供一个优越的诊疗环境，提高人民生活质量，具有明显的社会效益；同时将提高医院的档次及服务水平，吸引更多的就诊人员，在保证病人健康的同时也为医院创造了更大的经济效益。

因此，本项目的应用对受电离辐射照射的个人和社会带来的利益要远大于其可能引起的辐射危害，项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于辐射防护“医疗实践正当性”的要求。

1.8 原有核技术应用项目许可情况

汤阴县人民医院于2023年05月04日申请取得辐射安全许可证，发证单位为安阳市生态环境局，证书编号为豫环辐证[90007]，有效期至2027年05月23日，活动种类和范围为：使用II类、III类射线装置。原有射线装置许可情况详见表1-4，辐射安全许可证详见附件三，现有核技术应用项目环保手续详见附件五。

表 1-4　　现有射线装置许可情况

序号	机房位置	装置名称	规格型号	数量	类别	环评情况	许可情况	验收情况
1	5 号楼模拟定位机室	模拟定位机	SL-1	1	III类	豫环辐表[2014]69 号	已登记上证，许可证号豫环辐证[90007]	豫环审[2017]145 号
2	5 号楼加速器室、加速器机房	直线加速器	XHA600D	1	II类	豫环辐表[2014]69 号		豫环审[2017]145 号
3	1 号楼一楼介入室、介入科机房	DSA	Artis zee III floor	1	II类	豫环辐表[2014]69 号		豫环审[2017]145 号
4	1 号楼一层 64 排 CT 室；CT 第 2 号室	64 排 CT	SOMATOM Definition	1	II类	豫环辐表[2014]69 号		豫环审[2017]145 号
5	1 号楼一层数字胃肠机 2 室；放射科胃肠机房	数字胃肠机	XHX100A	1	III类	备案号：201841052300000247		/
6	2 号楼四层手术室；手术室 X 光机室	手术室 X 光机	BV　VECTRA	1	III类	备案号：201841052300000247		/
7	1 号楼一层牙片机 1 室；放射科牙片机机房	牙片机	CS2100	1	III类	备案号：201841052300000247		/
8	1 号楼一层牙片机 2 室；放射科曲面断层机房	曲面断层机	CRANEX CRA-2	1	III类	备案号：201841052300000247		/
9	1 号楼一层钼靶机室；放射科钼靶乳腺机房	钼靶乳腺机	MB200	1	III类	备案号：201841052300000247		/

10	1 号楼一层 X 射线机 1 室；放射科 2 号房间	X 线机	LINEAR MC 150	1	III类	备案号：201841052300000247		/
11	5 号楼传染病房一层 CT 室	X 射线计算机体层摄影设备	SOMATOM go.Now	1	III类	备案号：202141052300000070		/
12	1 号楼一层数字胃肠机 1 室	胃肠透视机	DRF-5C	1	III类	备案号：202141052300000071		/
13	1 号楼一层 X 射线机 2 室	医用诊断 X 射线机	NovVision650	1	III类	备案号：202141052300000071		/
14	5 号楼传染病房一层 DR 室	移动 DR	Collimator	1	III类	备案号：202141052300000071		/
15	院内停车场	箱式 X 射线机	Akhx-50/2000-RAD	1	III类	备案号：202141052300000071		/

1.9 医院辐射管理现状

（1）医院现配备辐射工作人员57人，均已参加了由生态环境部或医院自行组织的辐射防护培训，培训合格且均在有效期内。

（2）医院已根据《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》等有关法律法规的要求，成立了辐射安全与防护工作领导小组，领导小组统筹协调全院辐射安全管理工作，各成员职责明确，分工清晰，能有效确保辐射工作人员、社会公众的健康与安全。

（3）医院现有辐射工作人员均佩戴个人剂量计，并定期委托有资质单位开展个人剂量监测。

（4）医院制定了相关辐射管理规章制度（见附件八），包括《辐射防护与安全管理制度》《辐射防护和安全保卫制度》《防止误操作、意外照射的安防措施》《辐射安全防护设施维护与维修制度》《监测仪表使用与校验管理制度》《辐射环境监测方案》《辐射工作人员培训/再培训管理制度》《辐射工作人员个人剂量监测制度》《射线装置管理制度》《射线装置操作规程》《辐射单位岗位职责》《DSA 操作规程》。医院制定的辐射安全管理制度具有一定的针对性和可操作性，可以满足原有项目运行的管理需求。

（5）医院制定了《汤阴县总医院关于制定辐射事故应急预案的通知》（见附件九），成立了辐射事故应急领导小组，明确了领导小组的工作职责，规定了应急处理程序，平时做好放射事故应急准备工作，一旦有事故发生时能按照程序启动应急方案。

（6）医院每年定期委托有资质的单位对辐射工作场所进行年度监测，各辐射工作场所监测结果均满足相关标准要求，医院现已采取的辐射工作场所防护措施能够满足已开展核技术利用项目的辐射安全防护要求。

（7）建设单位现有各核技术应用项目投入运行以来，未发生过辐射安全事故。

（8）建设单位现有各核技术应用项目不存在环境问题。

1.10 评价目的

（1）分析项目选址合理性。

（2）分析项目在运行过程中对工作人员和公众以及环境造成的辐射影响。

（3）评价辐射防护措施效果，提出减少辐射危害的措施，为生态环境行政主管部门管理提供依据。

（4）对不利影响和存在的问题提出防治措施，把辐射影响减少到“可合理达到的尽量低水平”。

（5）通过项目环境影响评价，为建设单位环境保护和维护公众利益给予技术支持。

（6）为建设单位的辐射管理提供科学依据。

表2 放射源

序号	核素名称	总活度（Bq）/活度（Bq）×枚数	类别	用途	使用场所	贮存方式和地点	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	贮存方式及地点
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：日最大等效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》（GB18871-2002）。

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	数字减影血管造影机（DSA）	II类	1台	待定	125	1000	医疗诊断及介入治疗	门诊医技楼东区一层DSA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	气态	/	/	少量	少量	/	/	通过排风系统排入外环境，臭氧在常温常压下稳定性较差，可自行分解为氧气
氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	/	/	
医疗废物（主要包括一次性医疗用品及一次性医疗器械，废弃人体组织及病理切片等）	固态	/	/	51kg	0.61t	/	医疗废物暂存间	作为医疗废物集中进行处理
医疗废水	液态	/	/	少量	少量	/	/	排入医院污水处理系统
设备维修更换的废旧 X 射线管	固态	/	/	/	3-5 年产生 1 个	/	不暂存	由设备厂家回收处置

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为mg/L，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）《中华人民共和国生态环境法典》（中华人民共和国主席令，2026 年8月15日起施行）； （2）《建设项目环境保护管理条例》（中华人民共和国国务院令第682号，2017年修改，2017年10月1日起施行）； （3）《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021年版，2021年1月1日起施行）； （4）《国家危险废物名录》（2025年版，2025年1月1日起施行）； （5）《产业结构调整指导目录》（2024年本，2024年2月1日实施）； （6）《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2005年，国务院令第449号，2019年3月2日国务院令第709号修订）； （7）《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（环境保护总局令第 31号2021年1月4日根据生态环境部令第 20号第四次修正）； （8）《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（部令第18号，2011年5月1日起施行）； （9）《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23日，2020年1月1日起施行）； （10）《关于发布<射线装置分类办法>的公告》（环保部公告2026年第44号，2026年10月14日起施行）。
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）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）； （3）《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）； （4）《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）； （5）《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）； （6）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）； （7）《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）。

其他技术资料	（1）建设单位环境影响评价委托书； （2）建设单位提供的其他管理文件及相关技术资料； （3）《汤阴县总医院拟建辐射工作场所环境辐射本底水平检测报告》（报告编号：HHJC-HJ2026173，检测时间：2026年8月12日）； （4）《辐射防护手册》（第一分册）和《辐射防护手册》（第三分册）李德平、潘自强主编； （5）《放射防护实用手册》，赵兰才、张丹枫主编，济南出版社，2009.7； （6）《医用外照射源的辐射防护》（国际放射防护委员会第33号出版物）； （7）屏蔽防护设计公司提供的相关图纸和设计方案； （8）建设单位制定的管理目标值。

表7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

本次环境影响评价仅针对汤阴县总医院拟建1台数字减影血管造影机应用项目进行评价。

DSA装置应用项目属于II类射线装置使用项目，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“1.5评价范围和保护目标：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质边界外50m的范围”，根据本项目的辐射特点，运行过程中产生的电离辐射经有效的屏蔽后对周围影响较小，且主要影响人员是射线装置工作场所临近的职业工作人员及公众，因此，确定本项目评价范围为DSA手术室实体屏蔽边界外50m区域内的周围环境。

本项目DSA装置所在DSA手术室外环境关系为：以DSA手术室为中心，项目50m评价范围内有门诊医技楼、北侧的病房楼，50m范围内其他区域为院内道路及院内停车位。本项目评价范围示意图详见图1-3。

7.2 评价因子

本项目评价因子主要为X射线、其次为臭氧和氮氧化物。

7.3 保护目标

辐射环境：根据现场踏勘及项目周边环境调查分析，结合本项目的评价范围，确定本评价项目的环境保护目标是从事本项目辐射工作的医务人员、辐射工作场所周围活动的非本项目工作人员和公众人员。

本项目环境保护目标详见表7-1。

表 7-1　　本项目环境保护目标信息一览表

分类	位置描述	方位	距离	保护目标	人数	年有效剂量管理目标值
职业人员	DSA 手术室	手术室内	/	手术医生、护士、技师等工作人员	6 人	5mSv/a
	控制室	手术室北侧	紧邻			

公众人员	谈话间、配电间、洁具间、过道	手术室南侧	紧邻	修理员、清洁工等非本项目工作人员	流动人员	0.1mSv/a
	污物储存间、准备间、无菌间、药品间、铅衣间等	手术室南侧	紧邻	非本项目工作人员及公众人员		
	女更衣室、室内过道、备用房间及微量元素室	手术室上方	紧邻			
	病房楼	手术室北侧	49m			

7.4 评价标准

7.4.1《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）（节选）

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

第4.3.2.1款应对个人受到的正常照射加以限制，以保证本标准6.2.2规定的特殊情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量当量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录B（标准的附录B）中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

附录B

B1.1款职业照射

第B1.1.1.1款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)：

a）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；

b）任何一年中的有效剂量，50mSv；

c）眼晶体的年当量剂量，150mSv；

d）四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv；

本项目取其四分之一，**即不超过5mSv作为辐射工作人员的年照射管理剂量约束值，同时作为医院的管理目标值**。

第B1.2款公众照射

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下

述限值：

a）年有效剂量，1mSv；

b）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；

c）眼晶体的年当量剂量15mSv；

d）皮肤的年当量剂量，50mSv；

依据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中11.4.3.2中剂量约束值通常应在公众照射剂量限值10%~30%范围之内。**本项目取其十分之一，即不超过0.1mSv作为公众的年照射管理剂量约束值，同时作为医院的管理目标值。**

表 7-2　本项目职业照射及公众照射附加年有效剂量限值

序号	类别	管理限值（mSv/a）
1	职业照射	5
2	公众照射	0.1

6.4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。

6.4.1控制区

6.4.1.1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。

6.4.2监督区

6.4.2.1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。

7.4.2《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）（节选）

本标准规定了放射诊断的防护要求，包括X射线影像诊断和介入放射学用设备防护性能、机房防护设施、防护安全操作要求及其相关防护检测要求。

6.1X射线设备间布局

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。

6.1.2X射线设备间（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；

6.1.5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射线设备间，其最小有效使用面积、最小单边长度应符合表7-3的规定。

表 7-3　X 射线设备间（照射室）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（含 C 形臂，乳腺 CBCT）	20	3.5

6.2X射线设备间屏蔽

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7-4的规定。

6.2.2医用诊断X射线防护中不同铅当量屏蔽物质厚度的典型值参见附录C中表C.4～表C.7。

表 7-4　不同类型 X 射线设备间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 射线设备间	2.0	2.0

6.2.3机房的门和窗关闭时应满足表7-4的要求。

6.3X射线设备间屏蔽体外剂量水平

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；

6.4X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。

6.4.10机房出入门宜处于散射辐射相对低的位置。

6.5X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7-5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。

表 7-5　个人防护用品的辅助防护设施配置要求

放射检查类型	工作人员		患者和受检者	
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施
介入放射学操作	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套 选配：铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏/铅防护吊帘、床侧防护屏/床侧防护帘 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：“——”表示不需要求。

7.4.3《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）（节选）

4.3.1常规监测的周期应综合考虑放射工作人员的工作性质、所受剂量的大小、剂量变化程度及剂量计的性能等诸多因素。常规监测周期一般为1个月，最长不得超过3个月。

5.2.3对于强贯穿辐射和弱贯穿辐射的混合辐射场，弱贯穿辐射的剂量贡献≤10%时，一般可只监测Hp(10)；弱贯穿辐射的剂量贡献＞10%时，宜使用能识别两者的鉴别式个人剂量计，或用躯体剂量计和局部剂量计分别测量Hp(10)和Hp(0.07)。

5.3佩戴

5.3.1对于比较均匀的辐射场，当辐射主要来自前方时，剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般在左胸前或锁骨对应的领口位置；当辐射主要来自人体背面时，剂量计应佩戴在背部中间。

5.3.2对于如介入放射学、核医学放射药物分装与注射等全身受照不均匀的工作情况，应在铅围裙外锁骨对应的领口位置佩戴剂量计。

5.3.3对于5.3.2所述工作情况，建议采用双剂量计监测方法（在铅围裙内躯干上再佩戴另一个剂量计），且宜在身体可能受到较大照射的部位佩戴局部剂量计（如头箍剂量计、腕部剂量计、指环剂量计等）。

8.1.3异常结果调查：

当工作人员职业外照射个人监测结果超过调查水平时，按附录C的C.4所示的内容进行调查。

8.2档案

8.2.1个人剂量档案除了包括放射工作人员平时正常工作期间的个人剂量记录外，还包括其在异常情况（事故或应急）下受到的过量照射记录，调查登记参见附录C的C.4。

8.2.2职业照射个人剂量档案终生保存。

8.3报告

8.3.1个人剂量监测技术服务机构在完成一个监测周期的监测任务后，在1个月内出具检测/检验报告，报告包含的要素参见附录C的C.2。

8.3.2放射工作单位在接到调查登记表后2周内反馈处理意见，个人剂量监测技术服务机构负责检测结果的解释。检测结果确属超剂量照射或未能按时反馈处理意见的，个人剂量监测技术服务机构按照相关法规要求上报至相关监管部门。

8.3.3个人剂量监测技术服务机构及时按照相关监管部门要求上报监测结果。

7.5 本次核技术利用项目管理目标值汇总

表 7-6　本项目机房周围剂量当量率控制水平及人员辐射剂量管理目标值一览表

序号	限值分类		限值要求	标准依据	本项目
1	剂量限值及管理目标值	职业人员	不大于 5mSv/a	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及医院管理目标值	辐射工作人员不大于 5mSv/a
2		公众人员	不大于 0.1mSv/a		公众人员不大于 0.1mSv/a
3	机房屏蔽体剂量水平		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；具有短时、高剂量率曝光的摄影程序机房外的周围剂量当量率应不大于 25μSv/h	《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）	机房屏蔽体外表面 30cm 处剂量率不大于 2.5μSv/h
4	控制水平目标值		屏蔽体外表面 30cm 处剂量率不大于 2.5μSv/h	医院控制水平目标值	

表8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理位置和场所描述

8.1.1 地理位置

建设单位位于河南省汤阴县汤北新城区光明路东、人和路北，建设单位地理位置详见图1-1。

8.1.2 项目场所描述

本项目DSA装置拟建于门诊医技楼东区一层，门诊医技楼位于医院中部。门诊医技楼东侧为设备用房及绿化景观，南侧为院内道路，西侧为院内道路，北侧为病房楼。建设单位总平面布置及评价范围示意图见图1-3。

本项目拟利用门诊医技楼东区一层原有碎石机房，改建为1间DSA手术室，手术室现状为空机房，拟建DSA手术室的东墙外为室内走廊，南墙外为室内走廊，西墙外为乳腺机房，北墙外为控制室，DSA手术室楼上为女更衣室、室内过道、备用房间及微量元素室，楼下为土层。

医院平面布置图及本项目50m评价范围示意图见图1-4， 本项目改造前门诊医技楼一层局部平面布置图见图1-5，门诊医技楼二层局部平面布置图见图1-6，本项目改造后DSA手术室所在一层路线图见图1-7，项目现场踏勘示意图详见图1-8。

8.2 辐射环境质量现状监测

2026年8月12日，河南华惠检测技术有限公司对本项目场所周边环境进行辐射环境现状监测，检验检测机构资质认定证书编号为241612050500，有效期至2030年12月30日，检验检测能力范围包含X、γ辐射剂量率检测等。

8.2.1 监测项目以及监测点位布置图

（1）监测项目

周围环境X、γ辐射剂量率。

（2）监测点位

根据项目的平面布置和周围环境情况布设监测点，共布设了8个监测点，分

别为拟建DSA手术室内部、东侧、南侧、西侧、北侧和楼上以及病房楼。本项目工作场所辐射剂量率检测点位见图8-1。

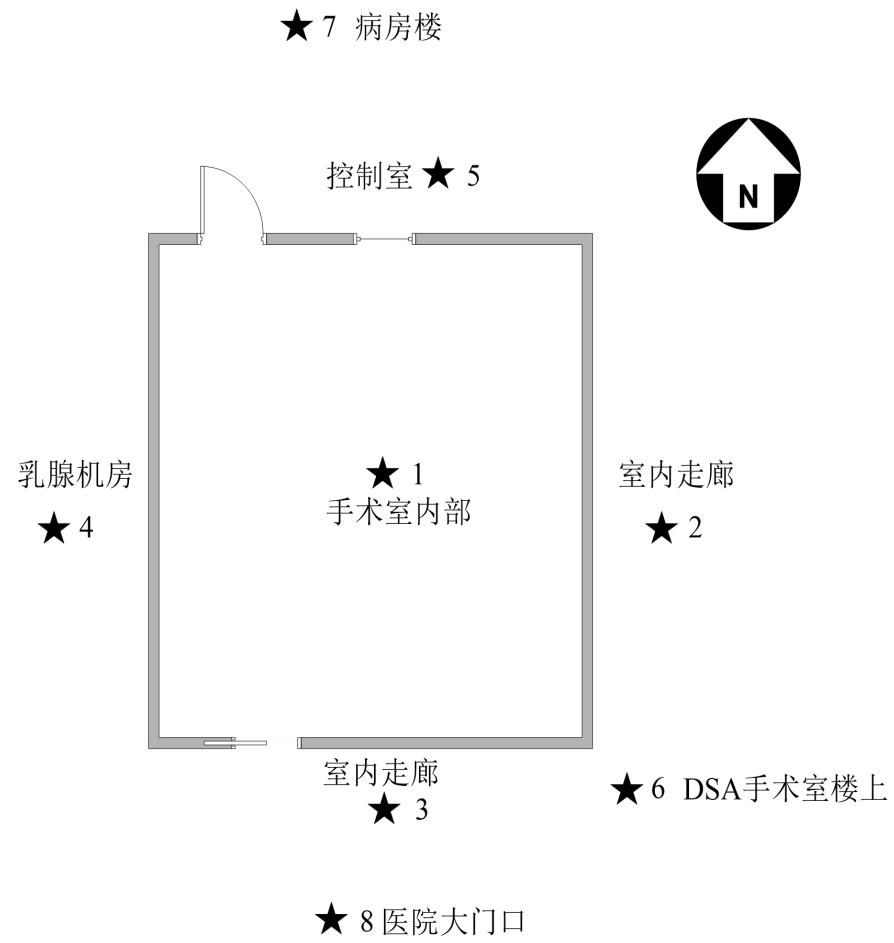


图8-1 本项目DSA手术室工作场所辐射剂量率检测点位现状图

8.2.2 监测时间与条件

监测时间：2026年8月12日。

监测条件：天气：阴；气温：30℃；相对湿度：93%RH。

8.2.3 监测使用仪器及监测依据

（1）监测仪器详见表8-1。

表 8-1 监测仪器信息表

仪器名称	环境检测用 X、γ辐射空气比释动能率仪
仪器型号	FD-3013H
测量范围	0.01μGy/h~200μGy/h
生产厂家	上海申核电子仪器有限公司
检定/校准单位	华东国家计量测试中心

检定/校准有效期	2025 年 12 月 16 日-2026 年 12 月 15 日
检定证书编号	2025H21-20-6276735001
检定结论	合格

（2）监测依据

《环境γ辐射剂量率监测技术规范》（HJ 1157-2021）。

8.2.4 监测质量保证措施

①合理布设检测点位，保证各检测点位布设的科学性和可比性。

②本次检测分析均采用国家现行有效的导则、标准和技术规范要求，检测人员经考核并持有合格证书上岗。

③检测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用。

④由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。

⑤检测报告严格实行三级审核制度。

8.2.5 环境质量现状监测结果

本项目拟建DSA手术室环境辐射本底水平检测数据见表8-2。

表 8-2　本项目手术室环境辐射本底水平检测结果

序号	检测点位	检测结果（μGy/h）	地面材质
1	拟建DSA手术室内部	0.12±0.01	瓷砖
2	拟建DSA手术室屏蔽墙体（东墙）	0.11±0.01	瓷砖
3	拟建DSA手术室屏蔽墙体（南墙）	0.12±0.01	瓷砖
4	拟建DSA手术室屏蔽墙体（西墙）	0.12±0.01	瓷砖
5	拟建DSA手术室屏蔽墙体（北墙）	0.08±0.01	瓷砖
6	拟建DSA手术室楼上	0.07±0.01	瓷砖
7	病房楼门口	0.08±0.01	混凝土

附注：1. 上表所列检测结果均已扣除宇宙射线响应值，均按照《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)进行核算；

2. 本次检测布点已覆盖人员可达到区域；

3. 距墙体、门、窗表面30cm，离地100cm；

4. 上表所列检测结果均已经过校准因子修正，检测结果=测量平均值×校准因子，校准因子为0.99。

8.3 DSA设备工作场所现状监测结果分析

从表8-2中的监测结果可知：本项目拟建DSA机房手术室周围监测的X、γ辐

射剂量率监测结果（已扣除宇宙射线响应值）均在0.07~0.12μGy/h之间，平均值均为0.10μGy/h，与参考点病房楼门口的本底值基本一致，无异常现象。

表9 项目工程分析与源项

9.1 施工期工艺分析

本项目DSA手术室现状为空机房，配套用房依托原有DSA手术室。项目施工期主要产生装修废气和施工扬尘、施工废水和生活污水、机器噪声、建筑垃圾和施工人员产生的生活垃圾等。DSA装置只有在开机曝光过程中才会产生X射线，并随着机器的开、关而产生和消失。DSA装置在建设期未通电运行，因此，不会对周围环境造成辐射影响，也无放射性废气、废水及固体废弃物产生。

9.2 工程设备和工艺分析

9.2.1射线装置简述

数字减影血管造影机，简称“DSA”，是计算机与常规血管造影相结合的一种检查方法，集电视技术、影像增强、数字电子学、计算机技术、图像处理技术等多种科技手段于一体的系统。DSA的基本原理是将注入造影剂前后拍摄的两帧X线图像经数字化输入图像计算机，通过减影、增强和再成像过程来获得清晰的纯血管影像，具有对比度分辨率高、检查时间短、造影剂用量少、患者X线吸收量低等优点，对观察血管病变，血管狭窄的定位测量，诊断及介入治疗提供了真实的立体图像，为各种介入治疗提供了必备条件，具有十分重要的意义。

DSA能够完成心血管、脑血管、主动脉、腹部脏器血管、盆腔血管、四肢血管等全身各部位血管的成像，不仅可应用于上述各部位的血管性病变、肿瘤性病变等的诊断检查，而且还可完成全身各部位病变的介入手术，如肝癌的血管栓塞术、肺癌的灌注化疗术、脑动脉瘤的栓塞术、脑动静脉畸形的栓塞术、冠脉狭窄的球囊扩张和支架植入术、先天性心脏病房间隔缺损和动脉导管未闭的堵闭术、二尖瓣和肺动脉瓣狭窄的球囊扩张术、胆道食道扩张和支架植入术、各种经皮穿刺活检和引流术等。

本项目拟购的一台DSA装置最大管电压为125kV，最大管电流为1000mA，属于医用II类射线装置。

9.2.2 工作原理

介入治疗是利用现代高科技手段进行的一种微创性治疗，其应用数字技术，扩大医生视野，借助导管、导丝延长了医生的双手，它的切口（穿刺点）仅有米粒大小，不用切开人体组织，就可治疗许多过去无法治疗、必须手术治疗或内科疗效欠佳的疾病，如肿瘤、血管瘤、各种出血等。介入治疗具有不开刀、创伤小、恢复快、效果好的特点。DSA常应用于介入治疗，其能指导介入手术时医生快速、精确地操作；医生在DSA医学影像学设备的引导下，利用特殊的穿刺针、导管、导丝、支架和栓塞剂等器械代替传统的手术刀，对疾病进行诊断和局部治疗。

血管造影用X射线装置（DSA）技术是计算机与常规X射线血管造影相结合的一种新的检查方法，是集电视技术、影像增强、数字电子学、计算机技术、图像处理技术等多种科技手段于一体的系统。DSA主要采用时间减影法，即将造影剂未达到欲检部位前摄取的蒙片与造影剂注入后摄取的造影片在计算机中进行数字相减处理，仅显示有造影剂充盈的结构，具有高精密度和灵敏度。

DSA装置中产生X射线的装置主要由X射线管和高压电源组成。X射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成，阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中，当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。高电压加在X射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度，这些高速电子到达靶面为靶所突然阻挡从而产生X射线。

典型X射线管结构详见图9-1。

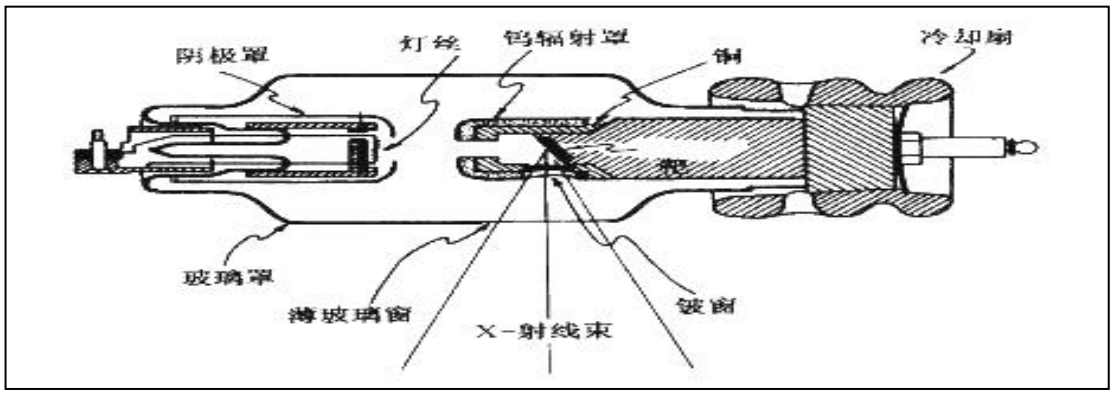


图 9-1　典型 X 射线管结构图

虽然不同用途的X射线机因诊疗目的不同有较大的差别，但其基本结构都是由产生X射线的X射线管、供给X射线管灯丝电压及管电压的高压发生器、控制X射线的“量”和“质”及曝光时间的控制装置，以及为满足诊断需要而装配的各种机械装置和辅助装置组成。

DSA成像的基本原理是将受检部位注入造影剂之前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储存起来，然后输入电子计算机处理并将两幅图像的数字信息相减，获得不同数值的差值信号，再经对比度增强和数/模转换为普通的模拟信号，获得去除骨骼、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。

9.2.3 设备组成

DSA是计算机与常规血管造影相结合的一种检查方法，是集电视技术、影像增强、数字电子学、计算机技术、图像处理技术等多种科技手段于一体的系统。DSA射线装置主要由影像探测器、X线管头、显示器、导管床、介入床、高压注射器、操作台、控制装置及工作站系统组成。

9.2.4 操作流程

诊疗时，受检者仰卧并进行无菌消毒，局部麻醉后，经皮穿刺静脉，送入引导钢丝及扩张管与外鞘，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射线透视下将导管送达上腔静脉，顺序取血测定静、动脉，并留X射线片记录，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，操作人员采取隔室操作的方式（即操作医师在控制室内对病人进行曝光），医生通过铅玻璃观察窗和操作台观察手术室内病人情况，并通过对讲系统与病人交流。

第二种情况，医生需进行手术治疗时，为更清楚地了解病人情况时会有连续曝光，并采用连续脉冲透视，此时操作医师位于铅防护屏后身着铅服、戴铅眼镜

等在曝光室内对病人进行直接的手术操作。

9.2.5 污染因子

DSA的X射线诊断机曝光时，主要污染因子为X射线。注入的造影剂不含放射性，同时射线装置均采用先进的数字显影技术，不会产生废显影液、废定影液和废胶片。DSA操作流程及产污环节如图9-2所示。

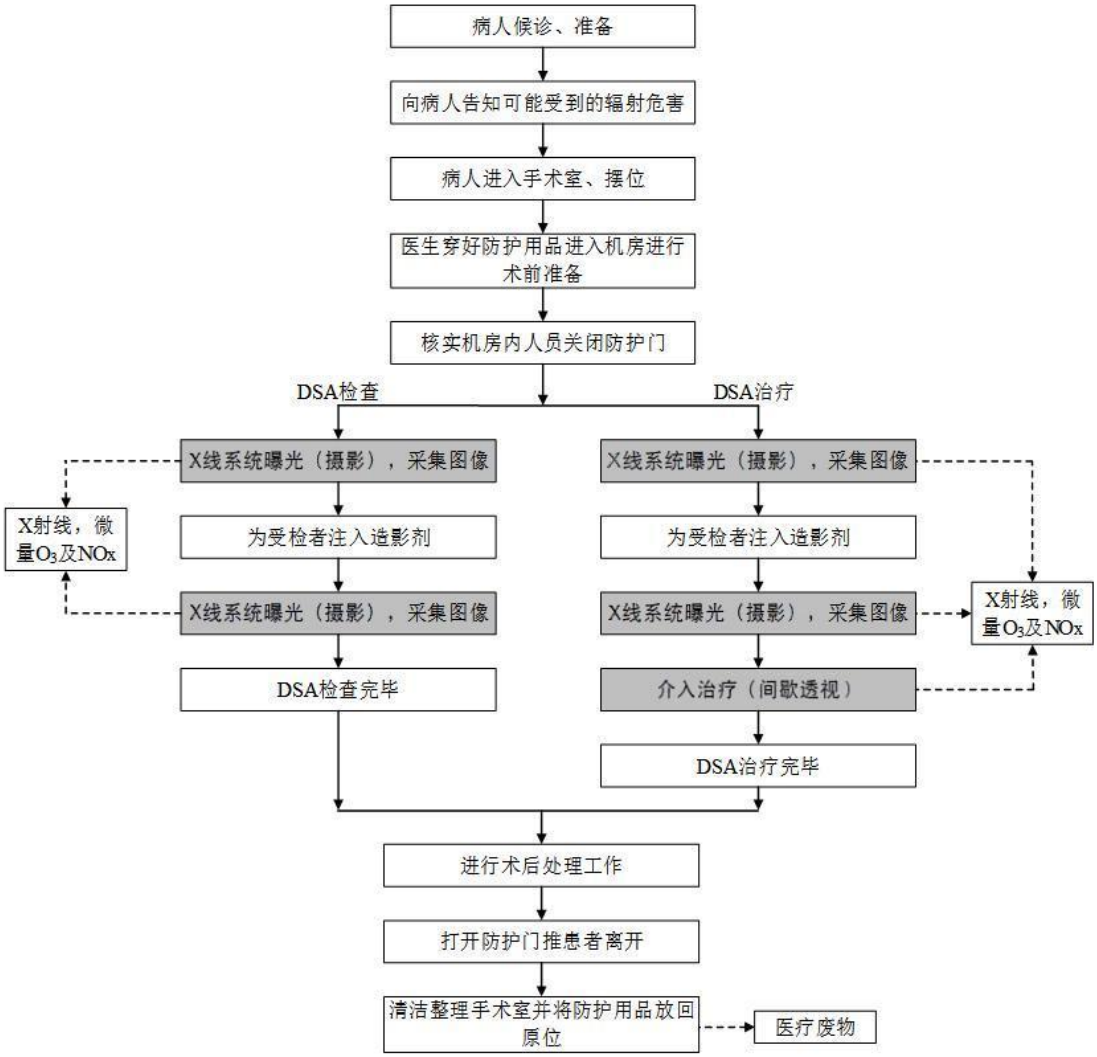


图 9-2　DSA 操作流程及产污环节示意图

综上可知，DSA在开机状态下，产生的污染因子主要为X射线，有少量臭氧和氮氧化物，无其他放射性废气、废水及固体废物产生。日常医疗会产生医疗废物，主要包括一次性医疗用品及一次性医疗器械，废弃人体组织及病理切片等。DSA设备维修更换会产生废旧X射线管。

9.2.6 原有工艺不足及改进情况分析

本项目属于扩建，在门诊医技楼东区一层DSA手术室扩建一台DSA装置，不存在原有工艺不足及改进的情况。

9.3 污染源项描述

X射线装置在辐射场中产生的射线通常分为二类：一类为有用线束（又称初级辐射），是直接由X射线管出射口发出，经限束装置准直能使受检部位成像的辐射线束；另一类为非有用线束（又称次级辐射），包括有用线束照射到受检者身体或诊断床等其他物体时产生的散射线和球管源组件防护套泄漏发出的漏射线。

有用线束能量相对较高，剂量较大，而散射线和漏射线的辐射剂量相对较小。X射线装置在使用过程中产生的主要辐射影响及影响途径如下：

9.3.1 正常工况

（1）采取隔室操作，并且在设备安全和防护硬件及措施到位的正常情况下，射线装置手术室外的工作人员及公众基本上不会受到X射线的照射。

（2）进行介入手术治疗时，DSA手术室内进行手术操作的医生和医护人员会受到一定程度的X射线外照射。

本项目DSA运行时诊断结果在显示屏上观察或采用数字技术打印，不使用胶片摄影，不会产生废显（定）影液、废胶片和报废感光原料。

X射线装置运行时，手术室内会有微量臭氧、氮氧化物等有害气体产生。日常医疗会产生医疗废物，主要包括一次性医疗用品及一次性医疗器械，废弃人体组织及病理切片等。DSA设备维修更换会产生废旧X射线管。

9.3.2 事故工况

（1）工作人员尚未撤离DSA手术室时误开机，会对工作人员产生不必要的X射线照射，引起误照射；

（2）曝光过程中，人员误留在机房内或因警示灯失效，其他人员在不知情的情况下进入机房内受到意外照射；

（3）联锁装置出现故障，在屏蔽门没有关闭的情况下出束，对门外人员造成的误照射；

（4）受检者非手术部位未穿防护服进行手术操作，所致受到的射线照射；

（5）医护人员开展介入手术时，未穿防护服或防护用品使用不当时进行手术操作所受到的射线照射，导致手部和皮肤受到射线伤害；

（6）控制系统或电器系统故障使受检者或职业人员受到超剂量照射；

事故工况下的污染因子和污染途径与正常工况下相同，主要为X射线对辐射工作人员及周围公众造成外照射。

表10 辐射安全与防护

10.1 项目安全措施

10.1.1 工作场所布局合理性分析

本项目DSA装置设置于门诊医技楼东区一层DSA手术室，所在手术室六面情况（东、南、西、北、上、下）如表10-1~表10-2所示。

表 10-1 DSA 手术室周边布局一览表

序号	所在区域	辐射场所	方位	周边房间及场所
1	门诊医技楼东区一次	DSA 手术室	东	室内走廊
			南	室内走廊
			西	乳腺机房
			北	控制室
			楼上	女更衣室、室内过道、备用房间及微量元素室
			楼下	土层

本项目DSA手术室布局与《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中与平面布局相关的要求进行对照分析，详见下表10-2。

表 10-2 DSA 手术室设置与标准对照分析

项目	《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求	设置情况	是否满足要求
机房位置	X 射线设备间（照射室）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。	DSA 手术室拟采取相应的屏蔽防护措施。	满足
机房布局	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；每台固定使用的 X 射线设备应设有单独的机房；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；机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。	建设单位拟根据射线装置出束原理及手术室的布局，设置 X 射线设备和管线口位置，避免有用线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位；设备设置在单独的机房内；手术室与控制室设有观察窗，手术室内有视频监控和对讲系统，能够方便地观察到患者和受检者状态；不堆放杂物。	满足
机房通风	机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。	DSA 手术室拟安装吸顶式排风扇，排风扇接入装饰吊顶上方建筑原有排风管道。通风管道穿墙处，使用 2mm 铅皮进行屏蔽防护补偿，铅皮尺寸不小于缝隙宽度 10 倍以上。	满足
标志、	机房门外应有电离辐射警告标志；机	在受检者防护门上拟设置电	满足

指示灯	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；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。	离辐射警告标志和醒目的工作状态指示灯，灯箱上设置“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句，控制室防护门上拟设置电离辐射警告标志；候诊区设置放射防护注意事项告知栏；平开机房门拟设置自动闭门装置；电动推拉门拟设置红外防夹装置，并制定曝光时关闭手术室门的管理措施；同时在受检者防护门上设置门灯联锁装置，工作状态指示灯能与手术室门有效关联；DSA 设备上、控制室操作台上各有 1 个急停按钮。	

DSA手术室拟设置的各种防护设施布置示意图见图10-1。

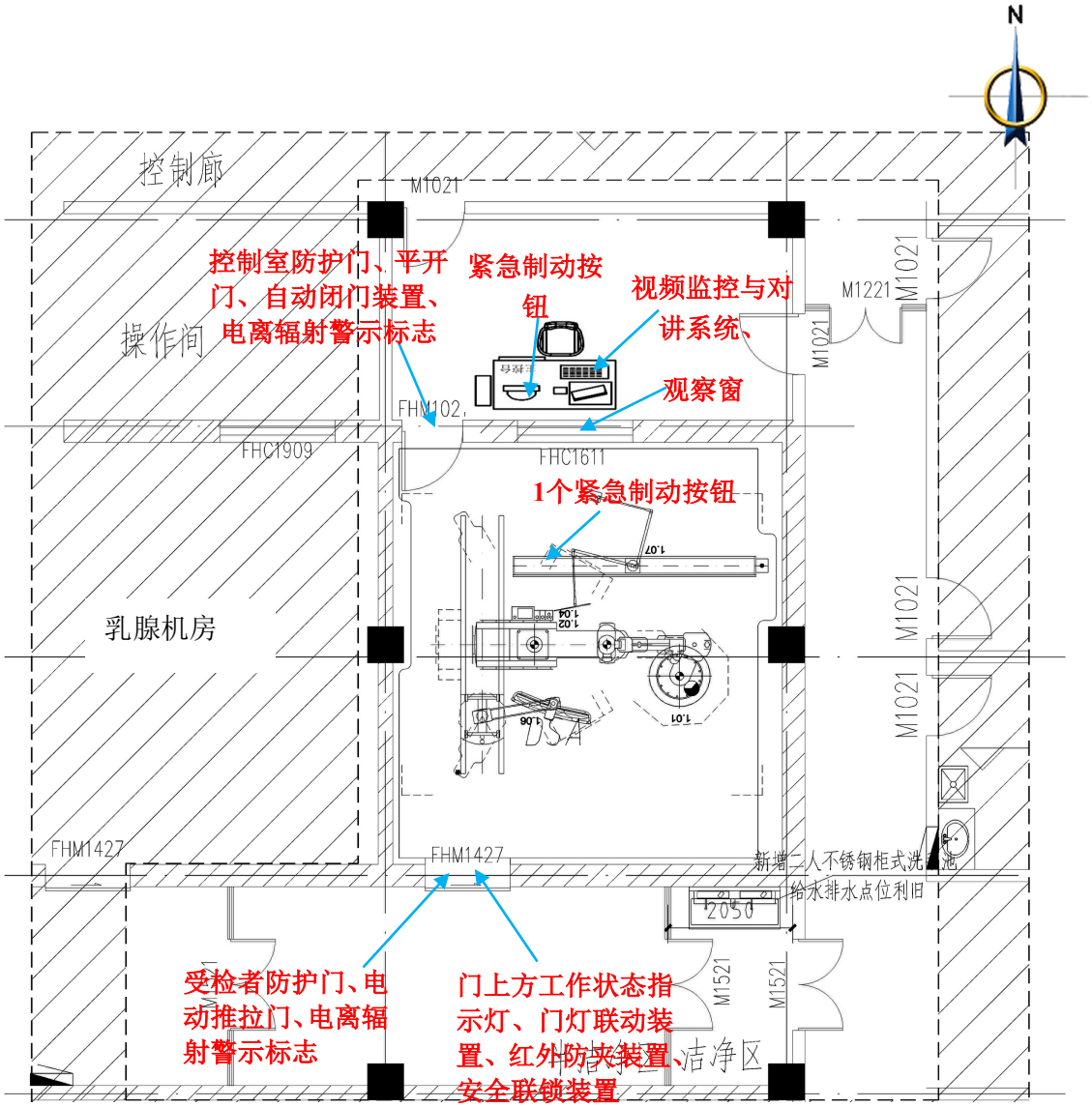


图10-1　　DSA手术室拟设置的防护设施布置示意图

经对照分析可知，DSA手术室的设置能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）平面布局的要求，拟采取的防辐射的屏蔽措施能够满足放射诊疗需求，并且保证相邻场所的防护安全，因此，本项目工作场所布局合理。

10.1.2 辐射工作场所分区管理

10.1.2.1分区依据和原则

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防护工作，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的要求，在辐射工作场所内划出控制区和监督区，在项目运营期间采取分区管理措施。

控制区：需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域。在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的、符合标准规定的警告标志，并给出相应的辐射水平和污染水平指示。运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可证）和实体屏蔽（包括门锁和联锁装置）限制进出控制区。

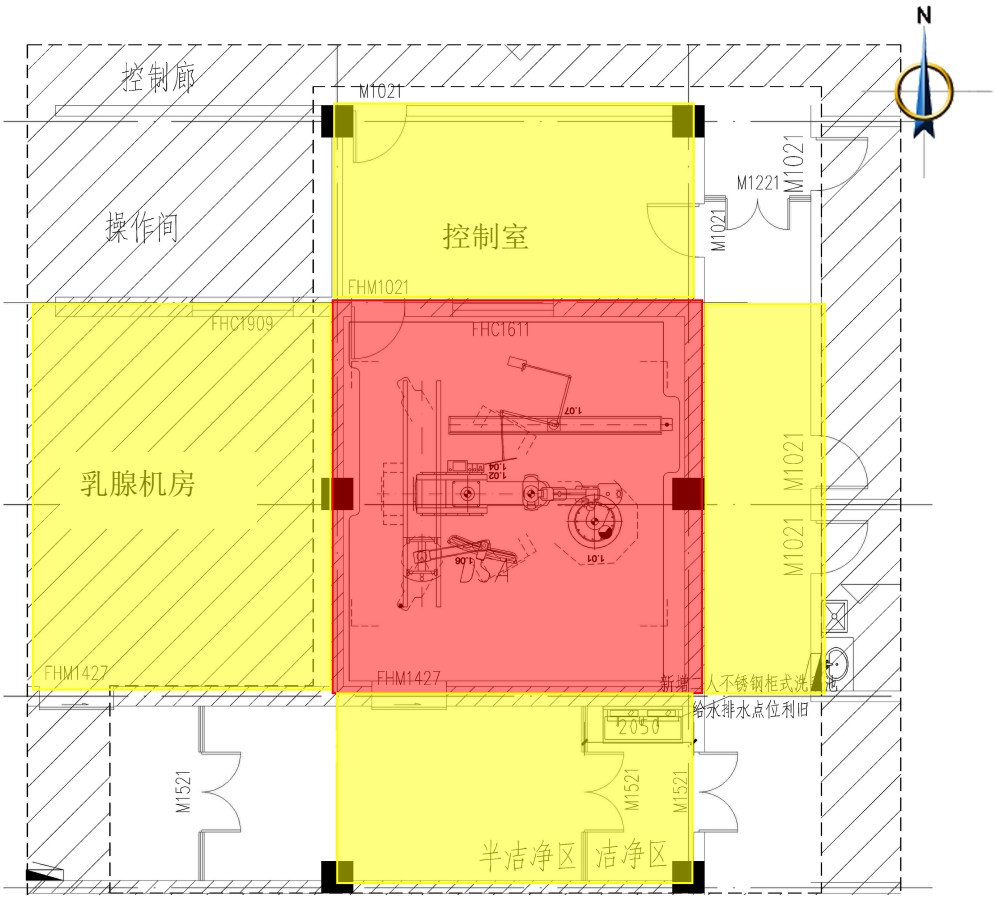
监督区：未被定为控制区，通常不需要专门防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。在监督区入口处的适当地点设立标明监督区的标牌；并定期审查该区的条件，以确定是否需要采取防护措施和做出安全规定，或是否需要更改监督区的边界。

10.1.2.2本项目分区管理情况

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）等相关标准对控制区和监督区的定义，结合项目辐射防护情况，结合项目诊治、辐射防护和环境情况特点，将DSA装置所在DSA手术室划为控制区；DSA手术室东侧的室内走廊，西侧的乳腺机房，北侧的控制室，南侧的室内走廊划为监督区。DSA手术室控制区和监督区划分情况见表10-3和图10-2。

表 10-3　DSA 手术室控制区和监督区的划分情况

序号	场所名称	控制区	监督区
1	DSA 手术室	DSA 手术室内部	东侧的室内走廊，西侧的乳腺机房，北侧的控制室，南侧的室内走廊



图例：控制区 **监督区**

图 10-2　辐射场所分区示意图

管理要求：控制区通过实体屏蔽措施、警示标志等进行控制管理，在射线装置使用时，除介入治疗的医护人员和患者外，禁止其他人员进入；监督区通过辐射警示标志提醒人员尽量避开该区域，并委托有资质的单位定期对监督区进行监测、检查，如果发现异常应立即进行整改，整改完成后方可继续使用射线装置。

10.1.3 DSA手术室辐射屏蔽设计

依据建设单位提供的资料，将本项目DSA手术室各屏蔽体的主要技术参数列表分析，并根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中对DSA设备手术室防护设计的技术要求、最小有效使用面积及最小单边长度要求，对本评价项目屏蔽措施进行对照分析，结果见表10-4、表10-5。

表 10-4　本项目辐射工作场所采取屏蔽防护措施分析

机房名称	屏蔽体	原有机房屏蔽防护措施	拟采取的屏蔽防护设计方案	总铅当量	标准要求	是否符合要求
DSA手术室	四周墙体	原为240mm实心砖（保留）+20mm硫酸钡板（已拆除）	拟采取240mm实心砖+35mm硫酸钡涂料	4.4mmPb	2.0mmPb	符合
	顶棚	原为100mm混凝土（保留）+20mm硫酸钡板（已拆除）	拟采取100mm混凝土+45mm硫酸钡板	4.2mmPb	2.0mmPb	符合
	受检者防护门	内夹3.5mm铅板不锈钢门；电动推拉门		3.5mmPb	2.0mmPb	符合
	控制室防护门	内夹3.5mm铅板不锈钢门；手动平开门		3.5mmPb	2.0mmPb	符合
	观察窗	铅玻璃：20mm厚铅玻璃		4.0mmPb	2.0mmPb	符合

注：（1）该项目实心砖的密度为1.65t/m^3；硫酸钡涂料密度为2.79g/cm^3，硫酸钡板密度为2.79g/cm^3，混凝土密度为2.35g/cm^3，铅玻璃密度为4.6g/cm^3；铅密度为11.3g/cm^3；

（2）参考《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中表C.4和C.7，管电压为125kV时，87mm混凝土（密度2.35g/cm^3）等效1mmPb，故本项目保守取100mm混凝土等效1.1mmPb；

（3）参考《放射防护实用手册》6.2节屏蔽材料，10mm硫酸钡涂料/硫酸钡板（密度2.79g/cm^3）等效0.7mmPb，35mm硫酸钡涂料（密度2.79g/cm^3）偏保守估算为2.4mmPb；45mm（密度2.79g/cm^3）硫酸钡板约等效3.1mmPb。

（4）参考《放射防护实用手册》6.2节屏蔽材料，铅玻璃（密度4.6g/cm^3）的比铅当量约为0.2mmPb/mm，故本项目20mm铅玻璃等效4.0mmPb；

（5）参考《放射诊断放射防护要求》GBZ 130-2020及《放射防护实用手册》6.2节屏蔽材料，125kV时258mm砖墙等效2.5mmPb，故本项目240mm实心砖偏保守估算为2mm铅当量。

表 10-5　本项目手术室规格与标准对照表

机房名称	现状机房尺寸	最小有效使用面积/最小单边长度	标准要求		是否符合要求
			最小有效使用面积	最小单边长度	
DSA手术室	长6.95m×宽6.41m（44.55m^2）	44.55m^2/6.41m	20m^2	3.5m	符合

通过表10-4、表10-5可知，本项目DSA手术室面积、最小单边长度均大于标准要求，其四面墙体、顶棚、防护门以及观察窗均采取了辐射屏蔽措施，充分考虑了邻室（含楼上、楼下）及周围场所的人员防护与安全，且屏蔽厚度均满足有用线束和非有用线束铅当量防护厚度标准规定限值。从X射线放射诊断场所的屏蔽方面考虑，本评价项目手术室的防护设施满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中的相关防护设施的技术要求。医院选择有资质的施

工单位进行施工，并对施工过程进行监督。建设施工时砖缝间砂浆密实饱满，防护门、窗由专门的厂商提供，且防护门宽于门洞的部分大于“门－墙”间隙的十倍；电缆穿墙部分间隙拟用3mm铅皮做的防护罩搭接，两侧墙体铅皮尺寸均不小于缝隙宽度10倍以上。

10.1.3.1手术室电缆布设

根据施工设计公司与医院提供资料，本项目DSA手术室电缆以电缆沟形式连通DSA机房与控制室和配电间，控制室电缆沟从机房北侧屏蔽墙地下穿墙进入机房内，设备室电缆沟从机房南侧屏蔽墙地下穿墙进入配电间内，电缆沟上方采用不锈钢盖板覆盖，电缆沟采用3mm铅皮进行屏蔽补偿，铅皮尺寸不小于缝隙宽度10倍以上，能够有效防止射线泄漏。在采取上述穿墙部位屏蔽补强措施后，穿墙部分不会影响墙体整体的防护性能。电缆沟示意图详见图10-3。

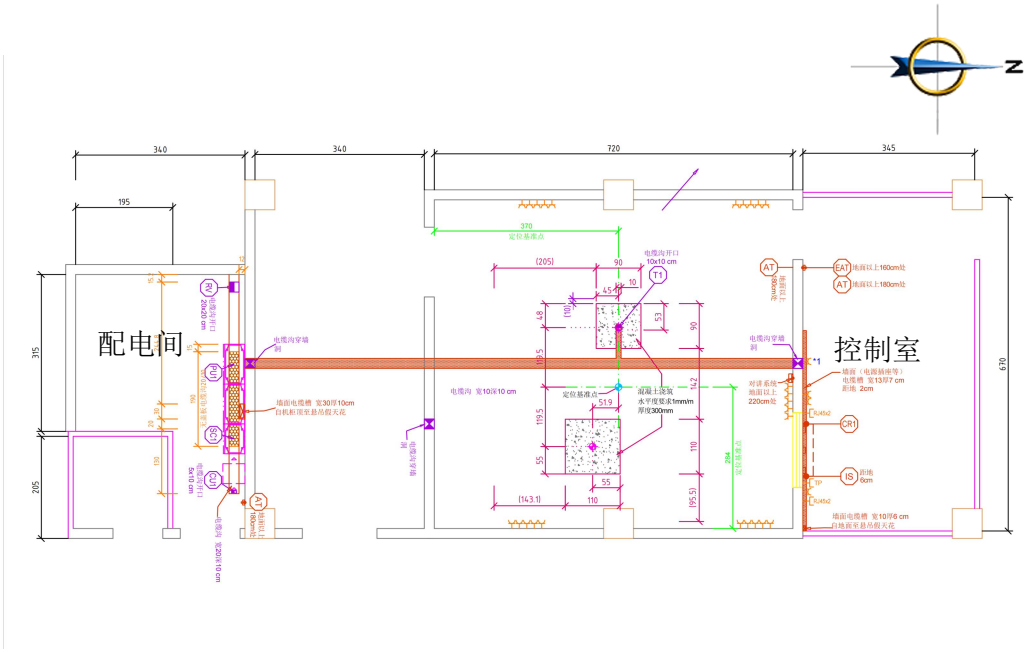


图10-3　本项目DSA手术室管线穿墙示意图

10.1.3.2通排风系统的设置

拟利用的DSA手术室顶棚内布设新风管道、回风管道、空调排水管道等管线。DSA手术室吊顶内拟设置吸顶式排风扇，排风扇接入装饰吊顶上方建筑原有排风管道，该排风管道接入新风机房建筑总排风管道，实现机房机械排风，通风管道穿墙处，使用3mm铅皮进行屏蔽防护补偿，铅皮尺寸不小于缝隙宽度

10倍以上，并沿墙外翻与墙体搭接足够长度，有效降低射线泄漏，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）关于“机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风”的要求。采取上述穿墙部位屏蔽补偿措施后，穿墙部分不会影响墙体整体防护性能。

10.1.4 设备固有安全性

本项目DSA从正规厂家购买，设备本身采取了多种固有安全防护措施：

①设备具有可调限束装置，使装置发射的线束宽度尽量减小，以减少泄漏辐射；

②采取栅控技术：在每次脉冲曝光间隔向旋转阳极加一负电压，抵消曝光脉冲的启辉和余辉，起到消除软X射线，提高有用射线品质并减少脉冲宽度；

③采取光谱过滤技术：在X射线管头或影像增强器的窗口处放置合适铝、铜或合金过滤板，以消除软X射线及减少二次散射，优化有用X射线谱；设备提供适应射线装置不同应用时所可以选用的各种形状与规格的准直器隔板和过滤板材料。影像增强器前配置滤线栅，以减少散射影像；

④采用脉冲透视技术：在透视图像数字化基础上实现脉冲透视（如每秒25帧、12.5帧、6帧等可供选择），改善图像清晰度，可减少透视剂量；

⑤采用图像冻结技术：每次透视的最后一帧图像被暂存并保留在监视器上显示，即称之为图像冻结，此技术可缩短总透视时间，达到减少不必要的照射；

⑥本项目DSA透视开关为常断式，并配有透视限时装置；机房内具有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；

⑦配备辐射防护设施：配有0.5mm铅当量的铅悬挂防护屏和床侧防护帘，在设备运行中可用于加强对有关人员的保护。

10.1.5 其他防护措施

①受检者防护门设计有电离辐射警告标志、中文警示说明、工作状态指示灯，且工作状态指示灯与防护门能有效联动，防止无关人员误入机房，导致误照射；

②其他各防护门表面设计有电离辐射警告标志、中文警示说明、闭门装置

/红外防夹装置，可使防护门时刻处于常闭状态，并提醒人员注意射线，防止误照射；

③控制室操作台、DSA机房内机器操作面板上各设计有1个急停按钮，当设备误照射或故障时能够及时地中断照射；

④DSA机房内将安装1套监控和对讲系统，可实时监控室内情况；

⑤防护门与防护墙尽可能减小缝隙泄漏辐射，防护门宽于门洞的部分不小于“门－墙”间隙的十倍。

10.1.6 个人防护用品

医院利旧使用原有的个人防护用品，供DSA工作人员、受检者和患者使用，具体防护用品如表10-6所示，医院为本项目工作人员配备了个人剂量计等辅助防护用品见表10-7。

表 10-6　本项目配备个人防护用品与标准对照表

机房名称	人员类型	《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求		本项目配置情况		是否符合要求
		个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施	
DSA手术室	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 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	铅橡胶防护衣6件、铅橡胶围裙6件、铅橡胶颈套6件、铅防护眼镜6件、铅橡胶帽子6件、介入防护手套2副	铅悬挂防护屏、床侧防护帘各1件，移动铅屏风1个	符合
	患者和受检者	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	——	铅橡胶围裙1件、铅橡胶颈套1件、铅橡胶帽子1件	——	符合
注：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0.5mmPb；介入防护手套铅当量应不小于0.025mmPb；移动铅防护屏风铅当量2mmPb；设备自带0.5mm铅当量的铅悬挂防护屏和床侧防护帘。						

表 10-7　辅助防护设施一览表

防护用品名称	数量	备注
X-γ辐射监测仪	1台	利旧
个人剂量计	12个	利旧
个人剂量报警仪	2台	新购

10.1.7 环评要求

（1）医院应按《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）附录F的相关要求制作安装电离警示标识，且与手术室相通的门均设置电离警示标识；

（2）手术室需配备满足操作设备人员数量的个人剂量报警仪、环境X、γ辐射监测仪等。

（3）医院应严格按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的防护要求做好辐射防护措施，定期检查射线装置的屏蔽性能，保证辐射安全防护系统的可靠性；

（4）辐射工作中工作人员应规范佩戴个人剂量计，本项目拟调配的6名工作人员均配备个人剂量计，佩戴内外双牌，安排专人保管，且已委托有资质单位进行个人剂量监测工作，监测周期3个月。本项目投入使用后，DSA工作人员将按照控制室内操作人员每人2个个人剂量计，共12个。

综上，本项目通过工作场所布局、分区，设备自身的辐射防护屏蔽设计，设备固有安全性、安全联锁装置、安全警示标志、警示系统等辐射防护措施进行辐射安全防护，能够满足辐射防护需求。

10.2 三废的治理

本项目不产生放射性废气、废水及固体废物，非放射性废气、废水及固体废物产生情况如下：

（1）固体废弃物

本项目不产生放射性废物，手术产生的医疗废物主要包括一次性医疗用品及一次性医疗器械，废弃人体组织及病理切片等，属于危险废物，医院应及时收集这部分医疗废物，存放于密封的桶中，经过消毒后置于医院医疗废物暂存间，最终交有资质单位安全处置。DSA设备维修更换的废旧X射线管，由设备厂家回收处置。本项目辐射工作人员6人，由医院内部调剂，不新增生活垃圾。

（2）废水

本项目辐射工作人员6人，由医院内部调剂，不新增生活污水；日常医疗

会产生少量医疗废水，医疗废水排入医院污水处理系统。

（3）废气

射线装置在出束过程中释放X射线，使DSA手术室内空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，本项目工作场所设置排风系统，臭氧和氮氧化物将通过排风系统排出DSA手术室，对环境影响较小。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目涉及的辐射工作场所所在的门诊医技楼东区一层，本项目拟将位于门诊医技楼东区一层的碎石机房改建为1间DSA手术室，手术室现状为空机房，本项目建设过程主要为手术室墙面及顶棚硫酸钡涂料的粉刷，顶棚钡板的安装，施工量较小且在室内完成。本项目施工过程不会造成现有楼体结构的破坏，对大气、水、声环境影响较小，本项目DSA装置只有在医疗诊断过程中才会产生辐射，其产生的射线是随机器的开、关而产生和消失，因此，在建设期本项目拟新增的DSA装置对环境无辐射影响，亦无放射性废气、废水及固体废弃物产生。本项目在建设阶段采取如下措施：

（1）大气：本项目建设阶段施工机械和运输车辆作业时将排放废气和扬尘，但这些方面的影响仅局限在施工现场附近区域，本项目拟采取如下措施：

①及时清扫施工场地，并保持施工场地一定的湿度；

②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；

③施工路面保持清洁、湿润，减少地面扬尘。

（2）废水：项目施工期间无施工废水产生，施工人员日常生活产生的生活污水由医院污水处理系统处理后排入市政污水管网。

（3）噪声：本项目施工过程不涉及大型机械设备，在施工时尽量使用噪声低的先进设备，合理安排施工时间，同时严禁夜间进行强噪声作业，若需在夜间作业，需取得环保部门同意。

（4）固体废物：项目施工期间产生的固废主要有建筑施工过程中产生的建筑垃圾、装修垃圾以及少部分施工人员产生的生活垃圾，建筑垃圾应回填或堆放在指定地点并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；装修垃圾和生活垃圾由环卫部门统一及时清运处理。

（5）设备安装：设备的安装、调试应请设备厂家专业人员进行，医院方不得自行安装及调试设备。在设备安装调试阶段，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在手术室门外设立电离辐射警告标志，

禁止无关人员靠近人员离开时手术室必须上锁并派人看守。设备安装调试阶段，不允许其他无关人员进入手术室所在区域，防止辐射事故发生。由于各设备的安装和调试均在手术室内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可接受的。设备安装完成后，医院方需及时回收包装材料及其它固体废物并作为一般固体废物进行处置，不得随意丢弃。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 手术室屏蔽防护合理性分析

根据表10-4、表10-5对该项目DSA手术室的实际建设及屏蔽方案的说明，该项目DSA手术室的建设方案、防护措施等均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的要求，手术室屏蔽设计合理。

11.2.2 新建DSA手术室内外辐射影响

本项目 DSA 装置拟建于门诊医技楼东区一层 DSA 手术室内，本报告对 DSA 手术室周围辐射环境影响采用理论计算模式预测的方法进行影响分析。

本项目 DSA 装置最大管电压为 125kV，在实际工作情况中：摄影模式下，拟上 DSA 装置实际使用时管电压通常在 60-125kV 之间，管电流在 300-800mA 之间；透视模式下，拟上 DSA 装置实际使用时管电压通常在 60-90kV 之间，透视管电流通常在 5-20mA 之间。本项目采用临床使用最不利情形进行预测，即摄影模式 DSA 管电压取 125kV，管电流取 800mA；透视模式 DSA 管电压取 90kV，管电流取 20mA。根据医院提供资料，本项目 DSA 设备参数与工况、手术室防护情况见表 11-1。

表11-1　本项目DSA设备参数与工况及防护情况

技术参数		125kV，1000mA
工况模式		摄影：125kV、800mA；透视：90kV、20mA
手术室尺寸（现状）		长6.95m×宽6.41m×高4.5m
防护设施	四周墙体	240mm 实心砖+35mm 硫酸钡涂料，折算铅当量 4.4mmPb
	顶棚	100mm混凝土45mm硫酸钡板，折算铅当量4.2mmPb
	受检者防护门和控制室防护门	内夹 3.5mm 铅板不锈钢门；电动推拉门，折算铅当量 3.5mmPb
	观察窗	20mm医用厚铅玻璃；折算铅当量4.0mmPb
	铅悬挂防护屏床侧防护帘	0.5mmPb
	铅屏风	2.0mmPb

	医生	**铅橡胶防护衣、铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、铅橡胶帽子等防护用品（0.5mmPb）；铅介入手套（0.025mmPb）**
备注：根据同类装置的运行情况：摄影模式下，该型号DSA实际使用时管电压通常在60-125kV之间，管电流在300-800mA之间；透视模式下，该型号DSA实际使用时管电压通常在60-90kV之间，透视管电流通常在5-20mA之间。本项目采用临床使用最不利情形进行预测，即摄影模式DSA管电压取125kV，管电流取800mA；透视模式DSA管电压取90kV，管电流取20mA。		

根据 DSA 的工作模式，DSA 手术过程中，有用线束照向患者，手术室四周仅考虑机头漏射线和射线照射患者体表造成的散射线影响，根据防护公司提供的设备安装图（CAD 图纸），评价选取手术室四周可能受到照射剂量最大的位置作为关注点，以关注点为代表作最不利情况下的典型预测，进行环境影响分析及评价。本项目取第一手术位、第二手术位、观察窗外 30cm 处（控制室）、各防护墙外 30cm 处、铅防护门外 30cm 处，本项目手术室位于一层，手术室下方为土层，因此本次评价楼上取距离地面 100cm 处，作为本项目 DSA 设备的辐射影响预测点位。

根据建设单位提供信息：球管距离手术室地面500mm，床距离手术室地面1000mm。

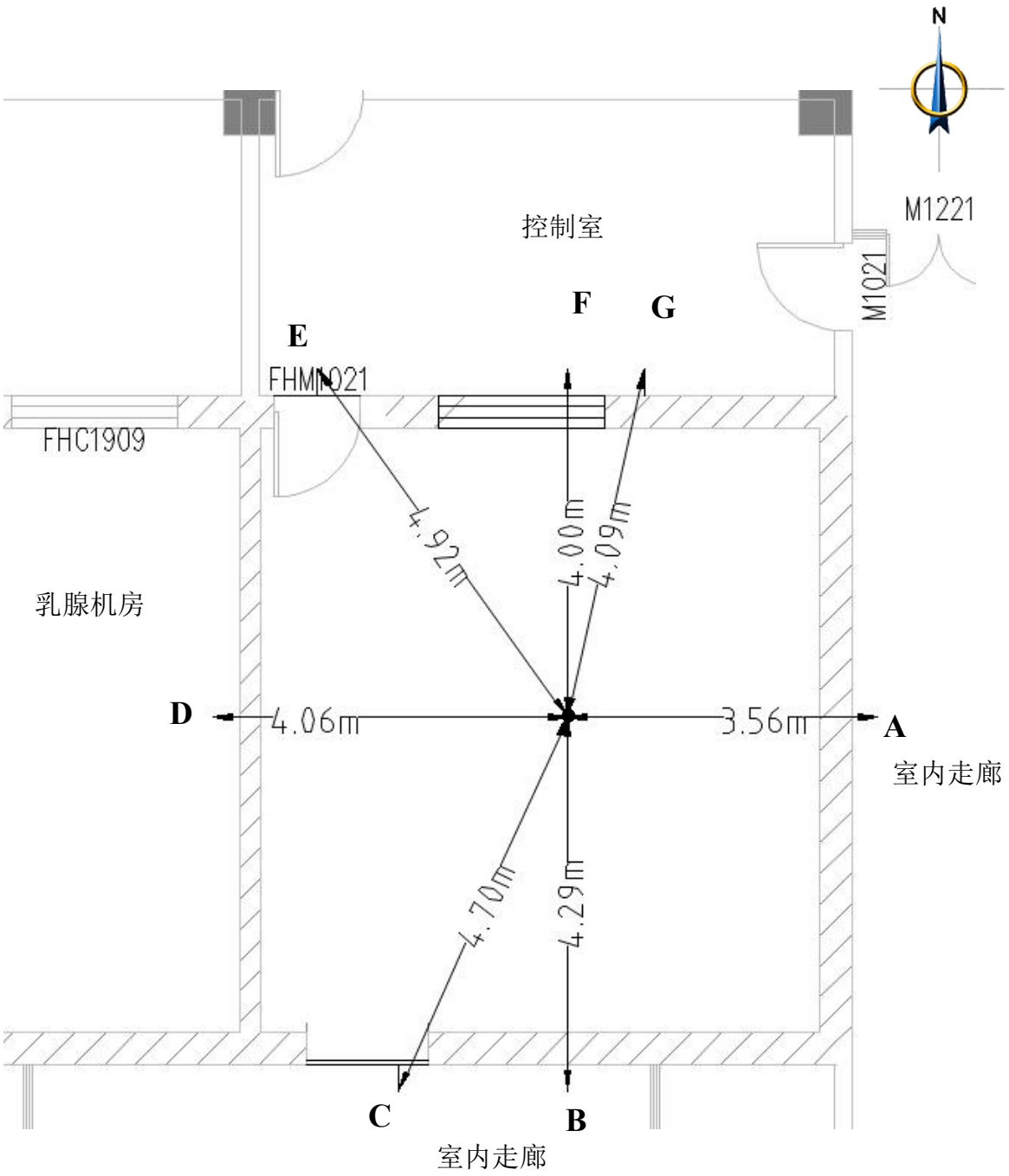


图11-1　　本项目手术室周围预测点示意图（单位mm）

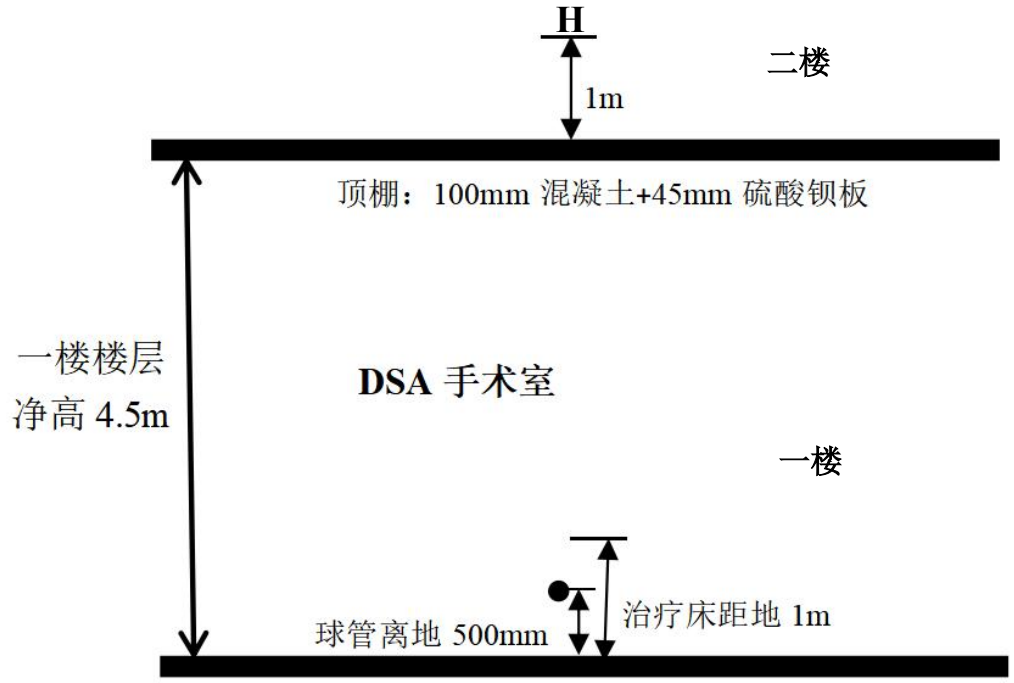


图 11-2　本项目 DSA 手术室楼上预测点立面示意图

表11-2　本项目预测点位情况表

序号	预测点位	方位	点位描述		辐射源与关注点距离（m）	屏蔽设计
1	--		第一手术位		0.5	铅悬挂防护屏、床侧防护帘 0.5mmPb+个人防护用品 0.5mmPb(共 1mmPb)
2			第二手术位		1.0	个人防护用品 0.5mmPb（0.5mmPb）
3	A	东侧	东侧防护墙外 30cm 处（室内走廊）		3.56	240mm 实心砖+35mm 硫酸钡涂料（4.4mmPb）
4	B	南侧	南侧防护墙外 30cm 处（室内走廊）		4.29	240mm 实心砖+35mm 硫酸钡涂料（4.4mmPb）
5	C	南侧	南侧受检者防护门外 30cm 处		4.70	内夹 3.5mm 铅板不锈钢门（3.5mmPb）
6	D	西侧	西侧防护墙外 30cm 处（乳腺机房）		4.06	240mm 实心砖+35mm 硫酸钡涂料（4.4mmPb）
7	E	北侧	北侧控制室门外 30cm 处		4.92	内夹 3.5mm 铅板不锈钢门（3.5mmPb）
8	F	北侧	观察窗外 30cm 处		4.00	20mm 医用厚铅玻璃（4.0mmPb）
9	G	北侧	北侧防护墙外（控制室）30cm 处		4.09	240mm 实心砖+35mm 硫酸钡涂料（4.4mmPb）
10	**H**	**上方**	**楼上离地 100cm 处**	**漏射线**	**5.15**	**100mm 混凝土+45mm 硫酸钡板（4.2mmPb）**
				散射线	**4.65**	

（1）预测公式

以下公式根据李德平、潘自强主编《辐射防护手册》（第一分册——辐射源与屏蔽）中公式（10.8）、（10.9）、（10.10）等公式演化而来。

①散射辐射剂量估算

$$H_S = \frac{H_0 \cdot a \cdot B \cdot (s/400)}{(d_0 \cdot d_s)^2}$$ （式 11-1）

式中：

H_S——预测点处的散射剂量率，μGy/h；

H_0——距靶 1m 处的剂量率，μGy/h；

a——患者对 X 射线的散射比；根据《辐射防护手册》（第一分册）表 10.1 查表取 0.0015（90°散射，相对于 400cm^2 散射面积）；

s——散射面积，cm^2，取100cm^2；

d_0——源与病人的距离，m；

d_s——病人与预测点的距离，m；

B——屏蔽透射因子，按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）附录C中公式和参数计算，公式计算如下式：

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

式中：

B ----屏蔽透射因子；

X----屏蔽材料厚度，mm；

α、β、γ----屏蔽材料对不同管电压X射线散射辐射衰减的有关的三个拟合参数。

②泄漏辐射剂量估算

泄漏辐射剂量率按初级辐射束的 0.1%计算，利用点源辐射进行计算，各预测点的泄漏辐射剂量率可用式（11-3）进行计算。

$$H = \frac{H_0 \cdot f \cdot B}{R^2}$$ （式 11-3）

式中：

H—预测点处的泄漏辐射剂量率，μGy/h；

f—泄漏射线比率，0.1%；

H_0—距靶点 1m 处的最大剂量率，μGy/h；

R—靶点距关注点的距离，m；

B—屏蔽透射因子，按照式（11-2）计算。

（2）主要计算参数取值

①距靶点 1m 处的最大剂量率

本项目 DSA 装置最大管电压为 125kV，但是在实际工作情况中：摄影模式下，拟上 DSA 装置实际使用时管电压通常在 60-125kV 之间，管电流在 300-800mA 之间;透视模式下,拟上 DSA 装置实际使用时管电压通常在 60-90kV 之间，透视管电流通常在 5-20mA 之间。本项目采用临床使用最不利情形进行预测，即摄影模式 DSA 管电压取 125kV，管电流取 800mA；透视模式 DSA 管电压取 90kV，管电流取 20mA。

根据《医用外照射源的辐射防护》（国际放射防护委员会第 33 号出版物）P55 图 2，可以查得在管电压 125kV、滤过材料为 0.5mmCu（近似取 0.5mmCu 过滤）时工况下，距离靶 1m 处空气比释动能率为 3.2mGy/mA·min，因此摄影工况下距靶 1m 处辐射剂量率为 3.2mGy/mA·min×800mA×60min/h=1.54×10^8μGy/h；在管电压 90kV、滤过材料为 0.5mmCu（近似取 0.5mmCu 过滤）时工况下，距离靶 1m 处空气比释动能率为 1.2mGy/mA·min，因此透视工况下距靶 1m 处辐射剂量率为 1.2mGy/mA·min×20mA×60min/h=1.44×10^6μGy/h。

表 11-3 本项目DSA距靶点1m处的最大吸收剂量率

工作模式	管电压	管电流	距靶1m处辐射剂量率	距靶点1m处的最大吸收剂量率
摄影	125kV	800mA	3.2mGy/mA·min	1.54×10^8μGy/h
透视	90kV	20mA	1.2mGy/mA·min	1.44×10^6μGy/h

②屏蔽透射因子

根据 GBZ 130-2020 附录 C 表 C.2 中给出的不同管电压 X 射线辐射在铅中衰减的α、β、γ拟合值，摄影工况α、β、γ值取 125kV 对应值，透视工况α、β、γ值取 90kV 对应值，不同能量α、β、γ值见表 11-4。

表11-4　X射线辐射衰减拟合参数

管电压（kV）	材料	α	β	γ
90	铅	3.067	18.83	0.7726
125（主束）	铅	2.219	7.923	0.5386
125（散射）	铅	2.233	7.888	0.7295

（3）透视模式和摄影模式下各关注点处辐射剂量率预测结果

①本项目DSA设备透视模式下各关注点处辐射剂量率预测结果

本项目DSA手术室DSA设备透视模式下各关注点处辐射剂量率预测结果见表11-5。

表11-5　本项目DSA手术室DSA设备透视模式下各关注点处辐射剂量率预测结果一览表

序号	预测点位	铅当量厚度 X(mm)	拟合参数			B	H_0（μGy/h）	α	S (cm^2)	d_0 (m)	f	ds/R (m)	散射 Hs (μGy/h)	泄漏 H (μGy/h)
			α	β	γ									
1	第一手术位	1	3.067	18.83	0.7726	4.08E-03	1.44E+06	0.0015	100	0.5	0.001	0.5	3.52E+01	2.35E+01
2	第二手术位	0.5				2.52E-02	1.44E+06					1.0	5.43E+01	3.62E+01
3	A：东侧防护墙外30cm处（室内走廊）	4.4				1.08E-07	1.44E+06					3.56	1.84E-05	1.23E-05
4	B：南侧防护墙外30cm处（室内走廊）	4.4				1.08E-07	1.44E+06					4.29	1.27E-05	8.47E-06
5	C：南侧受检者防护门外30cm处	3.5				1.71E-06	1.44E+06					4.70	1.67E-04	1.12E-04
6	D：西侧防护墙外30cm处（乳腺机房）	4.4				1.08E-07	1.44E+06					4.06	1.42E-05	9.46E-06
7	E：北侧控制室门外30cm处	3.5				1.71E-06	1.44E+06					4.92	1.53E-04	1.02E-04
8	F：观察窗外30cm处	4.0				3.69E-07	1.44E+06					4.00	4.98E-05	3.32E-05
9	G：北侧防护墙外（控制室）30cm处	4.4				1.08E-07	1.44E+06					4.09	1.40E-05	9.32E-06
10	H：楼上离地100cm处	4.2				2.00E-07	1.44E+06					散 4.65/	2.00E-05	1.09E-05

												漏5.15		

注：1、透视模式下，拟合参数取《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）附录 C 表 C.2 中管电压 90kV 的对应值。

2、第一手术位考虑 0.5mmPb 铅防护服+0.5mmPb 悬挂铅屏风、床侧防护帘防护，第二手术位仅考虑 0.5mmPb 铅防护服防护。

3、第一手术位距病人距离取 0.5m，第二手术位距病人取 1m。

②本项目DSA设备摄影模式下各关注点处辐射剂量率预测结果

本项目DSA手术室DSA设备摄影模式下各关注点处辐射剂量率预测结果见表11-6。

表11-6　本项目DSA手术室DSA设备摄影模式下各关注点处辐射剂量率预测结果一览表

序号	预测点位	铅当量厚度 X(mm)	拟合参数（散射）			散射B	拟合参数（漏射）			漏射B	H_0 (μGy/h)	α	S (cm^2)	d_0 (m)	f	ds/R (m)	散射 Hs (μGy/h)	泄漏 H (μGy/h)
			α	β	γ		α	β	γ									
1	A：东侧防护墙外30cm处（室内走廊）	4.4	2.2233	7.888	0.7295	6.82E-06	2.219	7.923	0.5386	3.45E-06	1.54E+08	0.00015	100	0.5	0.001	3.56	1.24E-01	4.19E-02
2	B：南侧防护墙外30cm处（室内走廊）	4.4				6.82E-06				3.45E-06	1.54E+08					4.29	8.56E-02	2.89E-02
3	C：南侧受检者防护门外30cm处	3.5				5.10E-05				2.58E-05	1.54E+08					4.70	5.33E-01	1.80E-01
4	D：西侧防护墙外30cm处（乳腺机房）	4.4				6.82E-06				3.45E-06	1.54E+08					4.06	9.55E-02	3.22E-02
5	E：北侧控制室门外30cm处	3.5				5.10E-05				2.58E-05	1.54E+08					4.92	4.87E-01	1.64E-01
6	F：观察窗外30cm处	4.0				1.67E-05				8.42E-06	1.54E+08					4.00	2.41E-01	8.10E-02

7	**G：北侧防护墙外（控制室）30cm处**	**4.4**				**6.82E-06**				**3.45E-06**	**1.54E+08**					**4.09**	**9.41E-02**	**3.17E-02**
8	**H：楼上离地100cm处**	**4.2**				**1.07E-05**				**5.39E-06**	**1.54E+08**					**散4.65/漏5.15**	**1.14E-01**	**3.13E-02**

注：1、摄影模式下，拟合参数取《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C 表 C.2 中管电压 125kV 的对应值。

2、摄影模式下医师及护理人员不在手术室内，技师于控制室操作设备。

（4）总附加剂量率估算

根据表11-5、表11-6的计算结果，将各个预测点的散射辐射和泄漏辐射的总附加剂量率统计于下表11-7。

表11-7　本项目DSA手术室DSA设备各关注点的总附加剂量率预测结果一览表

序号	工作模式	关注点位置描述	散射辐射剂量率(μGy/h)	泄漏辐射剂量率(μGy/h)	总附加剂量率(μGy/h)
1	透视	第一手术位	3.52E+01	2.35E+01	58.7
2		第二手术位	5.43E+01	3.62E+01	90.5
3		A：东侧防护墙外30cm处（室内走廊）	1.84E-05	1.23E-05	3.07E-05
4		B：南侧防护墙外30cm处（室内走廊）	1.27E-05	8.47E-06	2.12E-05
5		C：南侧受检者防护门外30cm处	1.67E-04	1.12E-04	2.79E-04
6		D：西侧防护墙外30cm处（乳腺机房）	1.42E-05	9.46E-06	2.37E-05
7		E：北侧控制室门外30cm处	1.53E-04	1.02E-04	2.55E-04
8		F：观察窗外30cm处	4.98E-05	3.32E-05	8.30E-05
9		G：北侧防护墙外（控制室）30cm处	1.40E-05	9.32E-06	2.33E-05
10		H：楼上离地100cm处	2.00E-05	1.09E-05	3.09E-05
1	摄影	A：东侧防护墙外30cm处（室内走廊）	1.24E-01	4.19E-02	1.66E-01
2		B：南侧防护墙外30cm处（室内走廊）	8.56E-02	2.89E-02	1.15E-01
3		C：南侧受检者防护门外30cm处	5.33E-01	1.80E-01	7.13E-01
4		D：西侧防护墙外30cm处（乳腺机房）	9.55E-02	3.22E-02	1.28E-01
5		E：北侧控制室门外30cm处	4.87E-01	1.64E-01	6.51E-01
6		F：观察窗外30cm处	2.41E-01	8.10E-02	3.22E-01
7		G：北侧防护墙外（控制室）30cm处	9.41E-02	3.17E-02	1.26E-01
8		H：楼上离地100cm处	1.14E-01	3.13E-02	1.45E-01

由表11-7计算结果（Sv/Gy保守取1）可知：

透视时，DSA手术室DSA设备第一手术位有铅衣和悬挂铅屏风、床侧防护帘屏蔽下的附加剂量率为58.7μSv/h，第二手术位有铅衣屏蔽下的附加剂量率为

90.5μSv/h。观察窗外30cm处的最大附加剂量率为8.30×10^{-5}μSv/h，四周防护墙外30cm处附加剂量率最大为3.07×10^{-5}μSv/h，铅防护门外30cm处的最大附加剂量率为2.79×10^{-4}μSv/h，楼上距地面100cm处的最大附加剂量率为3.09×10^{-5}μSv/h。

摄影时，DSA手术室DSA设备观察窗外30cm处操作位的最大附加剂量率为0.322μSv/h，四周防护墙外30cm处附加剂量率最大为0.166μSv/h，铅防护门外30cm处的最大附加剂量率为0.713μSv/h，楼上距地面100cm处的最大附加剂量率为1.45×10^{-1}μSv/h。根据辐射剂量率随距离衰减的原则，本项目50m内范围其他关注点低于以上预测值。

综上，本项目DSA在正常运行情况下，手术室外控制室、四周防护墙外、防护门外及楼上楼下的辐射剂量率均能够满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)和医院管理目标值：屏蔽体外表面30cm处的周围剂量当量率不大于2.5μSv/h。

11.2.3 工作人员及公众个人剂量估算

本项目 DSA 包括透视和摄影两种模式，本项目正常运行后，根据医院提供的数据，每年最大工作量为 280 台手术，每次手术 DSA 的最大出束时间包括摄影 2min、透视 15min，DSA 的预计年开机时间如表 11-8。

表11-8　不同工作模式下预计开机时间一览表

工作模式	单台手术 开机时间	年最大工作量	年开机时间
透视	15 分钟	280 台	70 小时
摄影	2 分钟		9.33 小时

项目共计安排 6 名工作人员操作，待本项目建成后，与原工作不交叉进行。DSA 摄影曝光时，除存在临床不可接受的情况外工作人员均回到控制室进行操作，DSA 透视曝光时，医师在手术间内近台操作，护士和技师通常不在手术间内，因此，该项目主要考虑透视模式下近台操作医师的受照剂量（不考虑摄影模式下近台操作医师的受照剂量，摄影状态下医生的剂量按照控制室的剂量估算）。

根据联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）--2000 年报告附录 A

公式计算：

$$H_1 = H_0 \cdot T \cdot t \cdot l \cdot 10^{-3}$$ （式 11-4）

式中：H_1—X射线外照射人均有效剂量当量，mSv；

H_0—X射线空气吸收剂量率，μSv/h；

T—居留因子；参考《辐射防护手册第三分册辐射安全》（李德平编）P80，居留因子T按三种情况取值：①全居留因子T=1，②部分居留T取（1/2~1/5），③偶然居留T取（1/8~1/40）；

t—X射线年照射时间，h/a；

l—剂量换算系数，Sv/Gy，保守取1。

计算结果详见表11-9。

表11-9　DSA手术室职业人员及公众年摄影和透视模式下年附加有效剂量估算结果

序号	工作模式	关注点位置描述	总附加剂量率 H0(μGy/h)	年工作时间 t(h/a)	居留因子 T	剂量换算系数	年附加有效剂量H1 (mSv/a)	涉及人员类型
1	透视	第一手术位	58.7	70	1	1	4.11	职业人员
2		第二手术位	90.5	70	1	1	6.34	职业人员
3		A：东侧防护墙外30cm处（室内走廊）	3.07E-05	70	1/4	1	5.37E-07	公众人员
4		B：南侧防护墙外30cm处（室内走廊）	2.12E-05	70	1/4	1	3.71E-07	公众人员
5		C：南侧受检者防护门外30cm处	2.79E-04	70	1/4	1	4.88E-06	公众人员
6		D：西侧防护墙外30cm处（乳腺机房）	2.37E-05	70	1	1	1.66E-06	公众人员
7		E：北侧控制室门外30cm处	2.55E-04	70	1	1	1.79E-05	职业人员
8		F：观察窗外30cm处	8.30E-05	70	1	1	5.81E-06	职业人员

9		G：北侧防护墙外（控制室）30cm处	2.33E-05	70	1	1	1.63E-06	职业人员
10		H：楼上离地100cm处	3.09E-05	70	1/4	1	5.41E-07	公众人员
1	摄影	A：东侧防护墙外30cm处（室内走廊）	1.66E-01	9.33	1/4	1	3.87E-04	公众人员
2		B：南侧防护墙外30cm处（室内走廊）	1.15E-01	9.33	1/4	1	2.68E-04	公众人员
3		C：南侧受检者防护门外30cm处	7.13E-01	9.33	1/4	1	1.66E-03	公众人员
4		D：西侧防护墙外30cm处（乳腺机房）	1.28E-01	9.33	1	1	1.19E-03	公众人员
5		E：北侧控制室门外30cm处	6.51E-01	9.33	1	1	6.07E-03	职业人员
6		F：观察窗外30cm处	3.22E-01	9.33	1	1	3.00E-03	职业人员
7		G：北侧防护墙外（控制室）30cm处	1.26E-01	9.33	1	1	1.18E-03	职业人员
8		H：楼上离地100cm处	1.45E-01	9.33	1/4	1	3.38E-04	公众人员

各预测点位年附加有效剂量估算结果汇总于表11-10。

表11-10　DSA手术室职业人员及公众年附加有效剂量估算结果

序号	关注点位置描述	不同模式下年附加有效剂量(mSv/a)		叠加年有效剂量(mSv/a)	人员类型
		摄影	透视		
1	第一手术位	/	4.11	4.11	职业人员
2	第二手术位	/	6.34	6.34	职业人员
3	A：东侧防护墙外30cm处（室内走廊）	3.87E-04	5.37E-07	3.88E-04	公众人员
4	B：南侧防护墙外30cm处（室内走廊）	2.68E-04	3.71E-07	2.68E-04	公众人员
5	C：南侧受检者防护门外30cm处	1.66E-03	4.88E-06	1.66E-03	公众人员
6	D：西侧防护墙外30cm处（乳腺机房）	1.19E-03	1.66E-06	1.19E-03	公众人员
7	E：北侧控制室门外30cm处	6.07E-03	1.79E-05	6.09E-03	职业人员

8	**F：观察窗外30cm处**	**3.00E-03**	**5.81E-06**	**3.01E-03**	**职业人员**
9	**G：北侧防护墙外（控制室）30cm处**	**1.18E-03**	**1.63E-06**	**1.18E-03**	**职业人员**
10	**H：楼上离地100cm处**	**3.38E-04**	**5.41E-07**	**3.39E-04**	**公众人员**

综上，由计算结果可知，本项目50m评价范围内的其他保护目标均位于上述预测关注点离DSA机房更远的区域，根据辐射剂量率与距离平方成反比的原理，其所受辐射影响不大于靠近机房的预测关注点，同样满足年有效剂量管理限值要求。

由上表计算可知，本项目DSA对医师的总年附加有效剂量共10.45mSv/a，本项目拟配置3位手术医师，则平均每名医师可能受到的年有效剂量约为3.48mSv/a；机房外职业人员附加年有效剂量最大为6.09×10^{-3}mSv/a，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对职业人员要求的剂量限值20mSv/a和建设单位制定的管理目标值5mSv/a；公众人员受到的附加年有效剂量最大为1.66×10^{-3}mSv/a，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对公众要求的剂量限值1mSv/a和建设单位制定的管理目标值0.1mSv/a。由此说明，本项目血管造影用X射线装置机房的防护满足要求，其正常运行时产生的辐射影响在国家允许的范围以内。

11.2.4 “三废”环境影响分析

本项目运行时，DSA手术室内会产生少量的臭氧和氮氧化物，拟设置吸顶式排风扇，排风扇接入装饰吊顶上方建筑原有排风管道，该排风管道接入新风机房建筑总排风管道，实现机房机械排风，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）关于通风的要求。产生的臭氧和氮氧化物可通过排风系统排出DSA手术室，能够保证DSA手术室内有良好的通风，对手术室周围的大气环境影响很小。

本项目不涉及放射性废水及放射性固废的排放，病人就医产生的治疗废水排入医院污水处理系统处理后达标排放。手术产生的医疗废物主要包括一次性医疗用品及一次性医疗器械，废弃人体组织及病理切片等，属于危险废物，医院应及时收集这部分医疗废物，存放于密封的桶中，经过消毒后置于医院医疗废物暂存间，最终交有资质单位安全处置。DSA设备维修更换的废旧X射线管，

由设备厂家回收处置。病人就诊产生的医疗废水排入医院污水处理系统处理后达标排放。

11.3 辐射事故分析

11.3.1 事故风险类别识别

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十条规定：根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级。

特别重大辐射事故，是指I、II类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射性同位素和射线装置失控导致3人以上（含3人）急性死亡。

重大辐射事故，是指I、II类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致2人以下（含2人）急性死亡或者10人以上（含10人）急性重度放射病、局部器官残疾。

较大辐射事故，是指III类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致9人以下（含9人）急性重度放射病、局部器官残疾。

一般辐射事故，是指IV、V类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

本项目可能造成的事故等级为“一般辐射事故”。

11.3.2 事故风险分析

射线装置仅在运行时产生X射线，停机后射线就会消失，故只有在开机状态下，射线装置产生的X射线才会贯穿屏蔽设施进入外环境，从而带来一定的辐射影响。本项目运行中可能发生的辐射事故有：

（1）工作人员尚未撤离DSA手术室时误开机，会对工作人员产生不必要的X射线照射，引起误照射；

（2）受检者非手术部位未穿防护服进行手术操作，所致受到的射线照射；

（3）医护人员开展介入手术时，未穿防护服或防护用品使用不当时进行手术操作所受到的射线照射，导致手部和皮肤受到射线伤害；

（4）控制系统或电器系统故障使受检者或职业人员受到超剂量照射。

11.3.3 事故预防措施

（1）定期认真地对本单位射线装置的安全防护措施、设施的安全防护效果进行检测或检查，核实各项管理制度的执行情况，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生。

（2）凡涉及对医用射线装置进行操作，必须有明确的操作规程，并做到“制度上墙”（即将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置）。在放射诊断操作时，至少有2名操作人员同时在场，操作人员按照操作规程进行操作，并做好个人的防护。

（3）定期检查门灯联动装置，确保安全联锁装置正常运行；每月对使用射线装置的安全装置进行维护、保养，对可能引起操作失灵的关键零配件需及时更换。

（4）加强放射工作人员的管理，医用射线装置开机前，必须确保无关人员全部撤离后才可开启；加强放射工作人员的业务培训，防止误操作，以避免工作人员和公众受到意外辐射。

（5）加强控制区和监督区管理，在射线装置运行期间，加强对监督区公众的管理，限制公众在监督区长期滞留。

（6）检修人员准备进入手术室时，必须携带个人剂量计或个人剂量报警仪。

（7）检查系统发生故障而紧急停机后，在未查明原因和维修结束前，不得重新启动辐射源。

（8）调试和维修时，应保证切断辐射源出束状态。

（9）调试和维修必须解除安全联锁时，需经负责人同意并通告有关人员。工作结束后，先恢复安全联锁并经确认系统正常后再使用。

（10）手术室门外明显处应设置电离辐射警示标志，并安装醒目的工作状态指示灯。

（11）一旦发生误照射并导致人员受到超过年有效剂量限值，医院立即启动辐射事故应急预案，按照《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》（环发〔2006〕145号）采取应急措施。

11.3.4 辐射事故应急措施

对于产生误照事故应采取的应急措施：

（1）当发生误照事故时，应立即切断射线装置电源，并在第一时间将事故的性质、时间、地点等情况向辐射事故应急工作小组报告，同时告知周围无关人员撤离。

（2）应对事故影响范围内的人员进行医学检查，在工作过程中发现无关人员进入受照时，应立即停机，尽可能地降低人员受照射剂量。

（3）应急方案必须明确应急的具体人员和联系电话。

（4）为避免此类事故的发生，要求工作人员每次上班时首先要检查防护门上的联锁装置和报警系统是否正常。如果报警系统失灵，应立即修理，恢复正常。

（5）按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》的规定，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》，向当地环境保护部门报告，涉及人为故意破坏的还应向公安部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

本医院应按相关规定要求，完善和加强管理，使射线装置始终处于监控状态。

11.3.5 辐射事故应急预案

医院已制定了《汤阴县总医院关于制定辐射事故应急预案的通知》，已成立了辐射事故应急领导小组，其中包括组织机构及职责范围、辐射事故等级、应急处置原则、风险事故防范措施、应急响应程序、应急电话等内容。应急预案规定了辐射事故应急处理机构、辐射性事故应急救援遵循原则、应急处理程序，内容较全，在应对放射性事故和突发性事件时可行。

一旦发生辐射事故，应当立即启动本医院的辐射事故应急方案，采取必要应急措施，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。可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

以上各种安全制度，体现了《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中的规定要求。有了以上安全防范设施、加上人员的正确操作和认真执行各种安全规章制度，可减少或避免辐射事故的发生率，从而保证项目的正常运营，也保障了工作人员、公众的健康与安全。

表12 辐射安全管理

12.1 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》等有关法律法规要求，使用放射性同位素与射线装置的单位应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有1名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；辐射工作人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。

建设单位已成立了辐射安全与防护工作领导小组，组长由贺卫锋担任，下设成员9名，领导小组统筹协调全院辐射安全日常管理工作，该小组的组成涵盖了现有核技术应用所涉及的相关部门和科室，在框架上基本符合要求，建设单位应进一步明确辐射安全与防护工作领导小组的工作职责。

12.2 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》的相关管理要求，使用放射性同位素与射线装置的单位应当具备健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等。

本项目为核技术利用项目，建设单位已制定《辐射防护与安全管理制度》《辐射防护和安全保卫制度》《防止误操作、意外照射的安防措施》《辐射安全防护设施维护与维修制度》《监测仪表使用与校验管理制度》《辐射环境监测方案》《辐射工作人员培训/再培训管理制度》《辐射工作人员个人剂量监测制度》《射线装置管理制度》《射线装置操作规程》《辐射单位岗位职责》《DSA操作规程》。

医院现有辐射安全与防护管理制度适用于医院维持辐射安全与环境保护的日常运行。医院在认真制定和完善上述管理文件的同时，应加强在实践工作中的执行力度，加强工作人员的操作技能、法律法规和安全防护培训，进一步培养和提高工作人员的专业技术水平和安全防护素质。

12.3 辐射工作人员的培训

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第三章—人员安全和防护，使用II射线装置的单位，其辐射工作人员必须通过辐射安全和防护专业知

识及相关法律法规的培训和考核；考核不合格的，不得上岗。

根据生态环境部《关于做好2020年核技术利用辐射安全与防护培训和考核工作有关事项的通知》（环办辐射函〔2019〕853号）和《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》（2019年，第57号）精神，辐射安全与防护考核合格证明有效期5年，到期前需按要求完成复训考核；医院应及时组织持有的辐射安全培训合格证书到期的人员到生态环境部培训平台（http:/fushe.mee.gov.cn）报名并参加考核，考核合格方可上岗。

医院拟为本项目DSA调配介入工作人员6名，均已从事放射相关工作，并已参加生态环境部培训平台（http:fushe.mee.gov.cn）培训和考核，取得合格证书。

12.4 辐射监测

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》及相关管理要求，医院应为辐射工作人员配备个人防护用品和个人剂量监测仪器，同时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，包括个人剂量报警仪、X-γ辐射监测仪等。

个人剂量报警仪应有足够的可靠性、灵敏度和准确度，在辐射水平较高或者可能突然升高的地方工作时，工作人员应使用个人剂量报警仪。医院应建立放射性诊疗项目的日常辐射监测方案，定期或不定期对项目中涉及的设备四周屏蔽措施进行检查；同时接受生态环境保护部门开展的辐射环境监督（监测）检查。项目运行过程中，每年应委托具有资质的监测单位对工作场所辐射情况进行监测，判断辐射影响是否处于有效屏蔽状态，防止意外发生。监测数据编入《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》，上报发证机关。

12.4.1 辐射工作人员个人剂量监测

医院已为本项目的辐射工作人员配备个人剂量计，为DSA手术室内操作人员配备双剂量计，并严格规定其必须佩戴个人剂量计上岗，同时医院将在院内组织所有辐射工作人员加强相关辐射安全与防护方面的学习，加强辐射工作人员的安全意识，保证所有辐射工作人员均能够严格执行个人剂量监测的相关规定和方法，正确使用个人剂量计。定期（最长不得超过3个月）送检，建立个人剂量档

案。个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。个人剂量档案应终身保存。建设单位已按照相关要求，对本单位内辐射工作人员个人剂量档案保存，辐射工作人员可查看本人个人剂量档案。

环评要求：所有辐射工作人员应正确佩戴个人剂量计，建设单位应定期送检，所有辐射工作人员个人剂量计佩戴及送检时间不得超过三个月。个人剂量计的佩戴要求参照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019），具体要求如下：对于比较均匀的辐射场，当辐射主要来自前方时，剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般在左胸前或锁骨对应的领口位置；当辐射主要来自人体背面时，剂量计应佩戴在背部中间；对于如介入放射学等全身受照不均匀的工作情况，应在铅围裙外锁骨对应的领口位置佩戴剂量计，建议采用双剂量计监测方法（在铅围裙内躯干上再佩戴另一个剂量计），且宜在身体可能受到较大照射的部位佩戴局部剂量计（如头箍剂量计、腕部剂量计、指环剂量计等）。

根据医院提供资料，医院已为辐射工作人员配置了个人剂量计，并建立了个人剂量档案，安排专人保管，且已委托有资质单位进行个人剂量监测工作，监测周期3个月。本项目投入使用后，DSA手术室内及控制室操作人员每人2个，共12个。

12.4.2 日常监测

建设单位使用原有的1台X-γ辐射监测仪，用于辐射工作场所的常规辐射水平自行检测。当测量值高于参考控制水平时，建设单位将立即终止相关辐射工作并向辐射防护负责人报告，及时查找原因、整改到位后方可运行。

12.4.3 年度常规监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定，使用放射性同位素与射线装置的单位应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托经省级人民政府生态环境主管部门认定的环境监测机构进行监测。

建设单位原有核技术利用项目均委托有资质的监测机构，每年进行一次辐射防护性能监测，并记录存档。

本项目运行后，建设单位将及时将本项目DSA手术室纳入监测范围内，严格执行年度监测计划。年度监测数据将作为本单位辐射安全和防护状况年度评估报告的一部分，定期上报生态环境行政主管部门。

12.4.4 竣工环境保护验收监测

本次评价项目竣工后，建设单位应当按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的规定，组织对配套建设的环境保护设施进行验收。本项目竣工验收监测对象为DSA项目，监测因子为X-γ空气吸收剂量率。

12.4.5 本项目监测计划

针对本项目，医院制定了如下辐射监测计划（表12-1），并计划将每次监测结果记录存档备查。

表 12-1　工作场所监测计划一览表

监测类别	工作场所	监测项目	监测频度	监测设备	监测范围	监测类型
年度监测	DSA 手术室	X-γ空气吸收剂量率	1 次/年	便携式X-γ辐射监测仪(需按国家规定对仪器进行检定)	防护门外、门缝、控制室、观察窗外、各侧屏蔽墙外30cm处及周围需要关注的监督区	委托有资质单位监测
日常监测	DSA 手术室	X-γ空气吸收剂量率	1 次/月			自行监测
验收监测	DSA 手术室	X-γ空气吸收剂量率	竣工验收			委托有资质单位监测
个人剂量监测	/	个人剂量当量	1 次/季度	个人剂量计	本项目辐射工作人员	委托有资质单位监测

环评要求：委托有资质监测单位进行监测时，其仪器必须在检定有效期内，监测工作人员必须持证上岗；对监测中出现辐射超标问题，应及时向院方提出，并提出整改意见，在院方整改完成后，进行复测，直至符合要求，提供满足要求的检测报告。医院自主监测时，所用仪器须按国家规定进行剂量检定，检测时须按《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）和《环境γ辐射剂量率监测技术规范》（HJ 1157-2021）制定检测方案及实施细则执行。

12.5 “三同时”竣工验收一览表

医院应根据核技术利用项目的开展情况，按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4号）、《建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类》（生态环境部公告2018年第9号）的相关要求，对配套建设的环

境保护设施进行自主验收，自行或委托有能力的技术机构开展竣工验收监测，编制验收报告，并组织专家采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式开展验收工作，建设项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，其主体工程方可投入生产或者使用；未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。

本次评价项目竣工后，建设单位应当按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的规定，组织对配套建设的环境保护设施进行验收。

本项目“三同时”竣工验收一览表见表12-2。

表 12-2 本项目“三同时”竣工验收一览表

项目	主要内容及要求
环保手续完善	环评手续齐备，重新申请辐射安全许可证。
项目建设情况	实际建设内容、规模及地点与环评一致。
剂量限值达标	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，同时满足医院管理目标值，即职业人员 5mSv/a、公众人员 0.1mSv/a 的年剂量管理限值。
辐射屏蔽措施	DSA 手术室的观察窗、防护门及墙体等屏蔽体铅当量厚度均不小于 2mmPb，采取的安全防护措施包括观察窗和摄像监控、警告标志和警示灯、自动闭门及门灯联动及防夹装置
	屏蔽墙和防护门、观察窗外 30cm 处的辐射剂量率满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)和医院管理目标值：屏蔽体外表面 30cm 处的周围剂量当量率不大于 2.5μSv/h。
通排风系统	DSA 手术室吊顶内拟设置吸顶式排风扇，排风扇接入装饰吊顶上方建筑原有排风管道，该排风管道接入新风机房建筑总排风管道。通风管道穿墙处，使用 2mm 铅皮进行屏蔽防护补偿，铅皮尺寸不小于缝隙宽度 10 倍以上。
辐射安全防护装置	DSA 设备上、控制室操作台上各有 1 个急停按钮；
	视频监控和对讲系统摄像监控 1 套；
	受检者防护门上设置工作状态指示灯、门灯联锁装置，并加装红外防夹装置；控制室防护门设置自动闭门装置。
设置警示标识	各防护门外醒目位置张贴电离辐射警示标识和中文警示说明。
警示装置	个人剂量报警仪 2 台；
	个人剂量计配备：DSA 手术室内操作人员和控制室内操作人员每人 2 个，共 12 个。
个人防护用品	工作人员：铅橡胶防护衣 6 件、铅橡胶围裙 6 件、铅橡胶颈套 6 件、铅防护眼镜 6 件、铅橡胶帽子 6 件、介入防护手套 2 副； 患者和受检者：铅橡胶围裙 1 件、铅橡胶颈套 1 件、铅橡胶帽子 1 件；
	铅悬挂防护屏、床侧防护帘各 1 件，移动铅屏风 1 个。
辐射安全管理机构	设有专门的辐射安全与环境保护管理机构。
管理规章制度	结合项目实际情况，完善辐射安全与防护工作领导小组，并明确工作职责，制定设备操作规程、岗位职责、使用登记、台账管理制度、辐射事故应急措施等，并张贴于控制室内墙上。

事故应急预案	制定详细完整、合理可行的辐射事故应急处理预案
落实监测计划	建立职业健康检查和个人剂量监测档案，落实日常环境监测，并有详细记录。
人员持证情况	职业人员均参加辐射安全与防护培训，并取得合格证书或合格证明。
监测仪器	X-γ辐射监测仪 1 台、个人剂量报警仪 2 台

12.6 环保投资一览表

本项目总投资为980万元，环保投资40万元，投资比例4.08%。投资明细如表12-3所示。

表 12-3　本项目环保投资估算一览表

辐射安全措施		内容	投资额（万元）
辐射防护措施	辐射屏蔽措施	屏蔽墙、屏蔽门、铅玻璃、通风系统、安全联锁等	24
	辐射安全培训	工作人员辐射安全定期培训	0.5
	个人剂量监测	个人剂量计 12 个、对工作人员个人剂量计进行定期监测	1.0
	个人防护用品	工作人员：铅橡胶防护衣 6 件、铅橡胶围裙 6 件、铅橡胶颈套 6 件、铅防护眼镜 6 件、铅橡胶帽子 6 件、介入防护手套 2 副	5.0
		患者和受检者：铅橡胶围裙 1 件、铅橡胶颈套 1 件、铅橡胶帽子 1 件；	0.5
		铅悬挂防护屏、床侧防护帘各 1 件，移动铅屏风 1 个	3.5
		个人剂量报警仪 2 台	0.5
	场所监测	每年委托有资质的单位对放射工作场所进行监测	2.0
	警示标志	手术室外设置警示标志、工作状态指示灯、防护注意事项告知栏	3.0
监测设备		X-γ辐射监测仪 1 台 （利旧，JB4000(A)型辐射剂量巡测仪）	0
环保投资合计			40

12.7 从事辐射活动能力评价

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条规定，使用放射性同位素和射线装置的单位应具备相应的条件，对其从事辐射活动能力的评价详见表12.4。

表 12-4　从事辐射活动能力评价

应具备条件	落实情况	环评要求
（一）使用I类、II类射线装置的，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	医院成立辐射安全与防护工作领导小组。	明确领导小组工作职责。确保有符合要求的辐射安全与环境保护工作管理人员开展工作。

辐射安全与环境保护管理工作。		
（二）从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。	验收前需全部取得	辐射工作人员在生态环境部辐射与防护培训平台参加培训并考核合格后方可上岗。
（三）放射性同位素与射线装置使用场所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射要求的安全措施。	本项目辐射工作场所拟按要求设置急停按钮、监视和对讲系统、工作警示灯及电离辐射警告标志等安全措施。	辐射安全设施安装和运行时严格按要求执行，定期维护，确保辐射安全。落实控制区、监督区的划分，设置警戒线和警示标志。
（四）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，包括个人剂量监测报警、辐射监测等仪器。	本项目拟根据要求配备个人剂量计、个人剂量报警仪、X-γ辐射监测仪。	放射性工作人员配备个人剂量计，严格要求工作人员正确佩戴个人剂量计上岗，每个季度定期送检，并对检测结果及时分析，对检测结果存在超过个人剂量管理限值的情况及时上报查明原因，及时解决，个人剂量档案应终身保存。项目运行后每年至少委托有资质的单位进行一次辐射环境监测，建立监测技术档案，监测数据定期上报生态环境主管部门备案。
（五）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、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	医院已建立各项规章制度，根据此次内容进一步补充和完善各项规章制度和操作规程，所有制度应张贴上墙等。	医院要严格执行相关操作规程、检修、检验工作，定期维护，确保辐射安全。医院应进一步完善各项规章制度，并落实专人负责。从事放射性诊疗的工作人员必须严格按照制定的规章制度和应急处理措施进行放射诊疗工作，所有制度应张贴上墙。
（六）有完善的辐射事故应急措施。	医院已制定《汤阴县总医院关于制定辐射事故应急预案的通知》。	强化应急预案的可操作性，明确应急小组人员名单及职责，将本次工作场所纳入到应急预案中，及时对应急预案进行修订完善。
（七）产生放射性废气、废液、固体废物的，还应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案。	本项目无放射性废气、废液和固体废物产生。	/

通过对照国家有关要求对本项目从事辐射活动能力的逐项分析，依据《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》，医院在开展核技术应用方面加强了射线装置的使用与安全管理，各种辐射防护设施（措施）较齐全，防护效能可满足辐射防护要求，制定的各种安全管理制度较全面。

综上所述，本项目在严格执行相关法律法规、标准规范等文件，严格落实各

项辐射安全管理、防护措施的前提下，建设单位从事辐射活动的技术能力符合相应法律法规的要求。

表13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

建设单位拟新增一台数字减影血管造影机（以下简称DSA）装置（最大管电压125kV，最大管电流1000mA），该设备属于II类射线装置，DSA手术室设于医技楼东区一层。本项目DSA装置的应用目的和任务是：用于心血管介入手术、神经内科手术、外周血管手术医疗诊断及介入治疗等。

13.1.2 产业政策相符性分析

本项目属于国家发展和改革委员会制订的《产业结构调整指导目录（2024年本）》中鼓励类第十三项“医药”中第4款“高端医疗器械创新发展：高性能医学影像设备”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

13.1.3 实践正当性

本项目符合区域医疗服务需要，能有效提高区域医疗服务水平，该项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的要求。

13.1.4 选址合理性分析

本项目位于汤阴县总医院内，不新增土地，项目用地属于医疗卫生用地，本项目DSA装置手术室均有相应的屏蔽设计，通过预测环境影响分析可知，经辐射屏蔽措施后，本项目的运行对周围环境的影响是可接受的。本项目避开了医院内人流较大的区域，通过上述环境影响分析对周围环境的影响是可接受的。

综上所述，本项目的选址是合理的。

13.1.5 辐射环境质量现状评价结论

本项目拟建DSA机房手术室周围监测的X、γ辐射剂量率监测结果（已扣除宇宙射线响应值）均在0.07~0.12μGy/h之间，平均值均为0.10μGy/h，与参考点病房楼门口的本底值基本一致，无异常现象。

13.1.6 辐射安全措施

辐射防护设计：240mm实心砖+35mm硫酸钡涂料（折算铅当量4.4mmPb）；

顶棚采用100mm混凝土+45mm硫酸钡板（折算铅当量4.2mmPb）；防护门均采用内夹3.5mm铅板不锈钢门（折算铅当量3.5mmPb）；观察窗采用20mm厚铅玻璃（折算铅当量4.0mmPb），均符合屏蔽防护要求。

辐射防护设施：受检者防护门上方设置有工作状态指示灯，且门灯联锁；各防护门设置电离辐射警告标识和文字说明。设有视频监控系统、对讲系统、紧急停机按钮等一系列安全联锁装置。

辐射防护用品：配备相应的铅橡胶防护衣、铅橡胶围裙、铅橡胶帽子、铅防护眼镜、铅橡胶颈套、介入防护手套、铅悬挂防护屏、床侧防护帘、移动铅屏风等个人防护用品，为辐射工作人员配备了个人剂量计、个人剂量报警仪和X-γ辐射监测仪等；定期对辐射工作人员开展个人剂量监测和职业健康检查监护。

在严格落实以上辐射安全措施，并在实际工作中规范操作后，本项目的辐射安全措施能够满足辐射安全防护的要求。

13.1.7 辐射环境影响评价结论

按照医院给出的屏蔽设计方案，通过预测分析，可得出以下结论：

本项目DSA在正常运行情况下，手术室外控制操作室、四周防护墙外及防护门外的辐射剂量率均能够满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)和医院管理目标值：屏蔽体外表面30cm处的周围剂量当量率不大于2.5μSv/h。

本项目DSA正常运行时，机房内职业人员受到的附加年有效剂量最大为3.48mSv/a，机房外职业人员附加年有效剂量最大为6.09×10^{-3}mSv/a，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对职业人员要求的剂量限值20mSv/a和建设单位制定的管理目标值5mSv/a；公众人员受到的附加年有效剂量最大为1.66×10^{-3}mSv/a，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对公众要求的剂量限值1mSv/a和建设单位制定的管理目标值0.1mSv/a。由此说明，本项目血管造影用X射线装置机房的防护满足要求，其正常运行时产生的辐射影响在国家允许的范围以内。

13.1.8 辐射安全管理综合能力分析结论

医院拥有专业的辐射工作人员和辐射安全管理机构，具有符合国家环境保护

标准和安全防护要求的场所、设施和设备；建立了较完善的辐射安全管理制度、辐射事故应急措施，落实本评价各项措施后，具有开展本项目的综合能力。

13.1.9 环保可行性结论

综上所述，医院在落实本报告提出的各项污染防治措施及辐射安全防护措施后，本项目运行时对周围环境的影响能符合辐射环境保护的要求，故从辐射环境保护角度论证，该项目的建设和运行是可行的。

13.2 建议

（1）医院在办理环评手续后，应及时重新申请《辐射安全许可证》。

（2）建设项目竣工后自主组织项目环境保护竣工验收，验收合格后才可正式运行。

（3）医院应于每年1月31日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

表14 审批

下一级环境保护行政主管部门审查意见：   公 章 经办人：　　年　　月　　日
审批意见：   公 章 经办人：　　年　　月　　日