

核技术利用建设项目

天津市宁河区中医医院新建使用 II  
类射线装置（血管造影机）项目  
环境影响报告表

（报批稿）

天津市宁河区中医医院

2025 年 4 月

## 核技术利用建设项目

# 天津市宁河区中医医院新建使用 II 类射线装置（血管造影机）项目 环境影响报告表

建设单位名称：天津市宁河区中医医院

建设单位法人代表（签名或签章）：李东柏

通讯地址：天津市宁河区芦台镇新华道 30 号

邮政编码：301500 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 .....	10
表 3 非密封放射性物质 .....	10
表 4 射线装置 .....	11
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物） .....	12
表 6 评价依据 .....	13
表 7 保护目标与评价标准 .....	15
表 8 环境质量和辐射现状 .....	21
表 9 项目工程分析与源项 .....	26
表 10 辐射安全与防护 .....	31
表 11 环境影响分析 .....	42
表 12 辐射安全管理 .....	58
表 13 结论与建议 .....	69
表 14 审批 .....	73



表 1 项目基本情况

建设项目名称		天津市宁河区中医医院新建使用II类射线装置（血管造影机）项目				
建设单位		天津市宁河区中医医院				
法人代表	李东柏	联系人		联系电话		
注册地址		天津市宁河区芦台镇新华道 30 号				
项目建设地点		天津市宁河区桥北街白台道 8 号新院区门急诊住院综合楼（1#）二层第四手术室				
立项审批部门		/		批准文号	/	
建设项目总投资（万元）		1200	项目环保投资（万元）	58	环保投资比例	4.83%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它		占地面积(m <sup>2</sup> )	--	
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类			
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类（医疗使用） <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类			
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物			
		<input type="checkbox"/> 销售	/			
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙			
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类			
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类			
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类			
	其他	/	/			
	<p><b>项目概述</b></p> <p><b>1.建设单位情况</b></p> <p>天津市宁河区中医医院是一家二级甲等中医医院，注册地址为天津市宁河区芦台镇新华道 30 号，以中医中药为主，为人民身体健康提供中西医医疗、健康指导、康复等医疗卫生服务。天津市宁河区中医医院拟进行迁址，新院址位于天津市宁河区桥北街白台道 8 号，主要包括门急诊住院综合楼（1#）1 栋、门急诊住院综合楼（2#）1 栋（裙房为 2 层、地下建筑为 1 层），两栋综合楼使用连廊相互连接、地下层相互贯通，食堂、水泵房等设备用房。</p> <p>天津市宁河区中医医院分别于 2017 年和 2018 年取得《关于对宁河区中医医院</p>					

迁址新建项目环境影响报告书的批复》（宁河审批环[2017]34号）和《关于对宁河区中医医院改扩建项目环境影响报告书的批复》（宁河审批环[2018]31号）。本项目拟在天津市宁河区中医医院新院址门急诊住院综合楼（1#）二层东北部新建一间第四手术室，并新增使用1台血管造影机。

## 2.项目由来

为全区人民的健康需求，满足患者诊断治疗的需要，建立与地方经济发展相适应的中西医结合医疗环境，加强中医医院标准化管理，天津市宁河区中医医院拟在新院址门急诊住院综合楼（1#）二层新建一间第四手术室，并安装使用1台 Artis Zee III ceiling 型血管造影机（最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA），用于医疗诊断和介入治疗。

根据原环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号《关于发布<射线装置分类>的公告》规定，血管造影用 X 射线装置属于 II 类射线装置。根据生态环境部令第 16 号《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 版），本项目属于“五十五、核与辐射—172、核技术利用建设项目”中“生产、使用 II 类射线装置的”，应编制环境影响报告表。

受天津市宁河区中医医院委托，津滨绿意（天津）技术咨询有限公司承担该核技术利用项目的环境影响评价工作。环评公司在现场踏勘、资料调研的基础上，编制完成《天津市宁河区中医医院新建使用 II 类射线装置（血管造影机）项目环境影响报告表》。

## 3.建设规模

本项目建设内容为在新院区门急诊住院综合楼（1#）二层新建一间第四手术室，并安装使用1台血管造影机（以下简称 DSA），用于医疗诊断及介入治疗。射线装置明细表详见下表。

表 1-1 射线装置明细一览表

射线装置	医用血管造影 X 射线系统
类别	II 类
工作场所	第四手术室
有效使用面积	7.63*5.5≈41.97m <sup>2</sup>
设备型号	Artis Zee III ceiling
最大管电压	125kV
最大管电流	1000mA

注：根据医院提供的资料，血管造影机偏置 C 臂（枢轴）可作一定角度的左/右斜位旋转，C 臂可作一定角度的头部/尾部转角，结合实际运行过程，血管造影机常用操作的主射方向为从

下往上，不进行 C 臂旋转使用。

#### 4.项目选址及周边环境情况

##### 4.1 项目选址

天津市宁河区中医医院新院址位于天津市宁河区桥北街白台道 8 号，中心坐标为：E117°47'56.949"，N39°20'17.033"。医院西侧隔朝阳路为桥北新区第一小学，东侧隔白台道为宁河妇女儿童保健中心，北侧隔绿荫西路为宁新花园，南侧为规划绿带。建设项目地理位置图见附图 1，周边环境及评价范围图见附图 2。

本项目拟建第四手术室位于新院址门急诊住院综合楼（1#）二层东北部区域，第四手术室中心坐标为：E117°47'59.640"，N39°20'18.841"。拟建第四手术室西侧为设备间，东侧为控制室，北侧为清洁走廊，南侧为洁净走廊，楼上无建筑，楼下投区 室、急 区 。 1-1。



图 1-1 现场图片

#### 4.2 周边环境保护目标

本项目以第四手术室屏蔽边界外 50m 范围的区域为评价范围,评价范围内无学校、居民区等环境敏感点,涉及的主要环境敏感点为控制室和评价范围内天津市宁

河区中医医院其他工作场所、院内道路、白台道，涉及人员为辐射工作人员和公众。其中辐射工作人员为本项目 DSA 操作人员（包括医师、护师、技师）和评价范围内其他科室的辐射工作人员，公众为评价范围内医院非放射性科室的工作人员、病患及家属和途经公众。

## 5. 劳动定员及工作量

### 5.1 劳动定员

利用本项目 DSA 进行介入诊断治疗的科室包括心内科、脑系科，拟配备 6 名医师（心内科 4 名、脑系科 2 名），2 名技师（心内科 1 名、脑系科 1 名），2 名护师（心内科 1 名、脑系科 1 名），共计 10 名辐射工作人员。每台介入手术由 4 名辐射工作人员开展，分别为开展手术对应科室的 2 名医师（心内科 4 名医师 2 名一组，每组轮流工作）、1 名护师、1 名技师。

### 5.2 工作量

本项目医师、技师、护师每天工作 8h，年工作 250 天。每台介入手术需要 2 名医师、1 名技师、1 名护师。根据医院提供资料，本项目 DSA 年最多检测 1500 人，2 个科室的最大拍片量均为 500 人，合计拍片共 1000 人（仅拍片，不进行手术），心内科的最大手术量为 300 台、脑系科的最大手术量为 200 台（先拍片诊断后再进行手术），拍片由技师进行，其中心内科 4 名医师 2 名一组，每组轮流工作，则心内科每名医师参与介入手术量为 150 台。拍片时，摄影模式曝光时间约 10s（此时仅受检者位于第四手术室内，技师位于控制室内）；介入手术时，使用摄影模式及透视模式，曝光时间约为 10.17min，其中摄影模式曝光时间约 10s（此时仅受检者位于第四手术室内，技师位于控制室内），透视模式曝光时间约为 10min（此时医师、护师、受检者均位于第四手术室内，技师位于控制室内）。本项目各科室工作量及 DSA 出束时间见下表。

表 1-2 本项目工作量及 DSA 出束时间一览表

科室	项目	年最大量 (例)	操作模式	最长累计曝光时间	年最大出束时间 (h)	年累计出束时间 (h)
心内科	拍片	500	摄影	10s/人	1.39	52.22
	手术	300	摄影	10s/人	0.83	
透视			10min/台	50		
脑系科	拍片	500	摄影	10s/人	1.39	35.28
	手术	200	摄影	10s/人	0.56	
透视			10min/台	33.33		
合计	/	1500	/	/	/	87.5

由上表可知，心内科、脑系科使用 DSA 累计出束时间分别为 52.22h 和 35.28h，全年累计出束时间为 87.5h。

根据劳动定员及工作量可知，心内科每名医师年最大受照时间按科室 2 组医师轮班进行手术透视时间计，脑系科医师最大受照时间按科室年最大手术量透视出束时间计；各科室护师年最大受照时间按各科 DSA 年最大手术量透视时间计；各科室技师年最大受照时间按各科 DSA 年最大检测量（拍片、介入手术）出束时间计。各科室辐射工作人员年受照时间见下表。

表 1-3 本项目各科室辐射工作人员受照时间一览表

科室	项目	年工作量	操作模式	年出束时间 (h)	年最大受照时间 (h)
心内科	医师	每名医师年最大手术量 (150 台)	透视	25	25
	护师	年最大手术量(约 300 台)	透视	50	50
	技师	年最大拍片量(约 500 例)	摄影	1.39	52.22
		年最大手术量(约 300 台)	摄影 透视	0.83 50	
脑系科	医师	年最大手术量 (200 台)	透视	33.33	33.33
	护师	年最大手术量(约 200 台)	透视	33.33	33.33
	技师	年最大拍片量(约 500 例)	摄影	1.39	35.28
		年最大手术量(约 200 台)	摄影 透视	0.56 33.33	

由上表可知，心内科医师年最大受照时间为 25h，护师年最大受照时间为 50h，技师年最大受照时间为 52.22h；脑系科医师、护师年最大受照时间为 33.33h，技师年最大受照时间为 35.28h。

## 6.产业政策符合性分析

依据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令 第 7 号，2024 年 2 月 1 日起施行），本项目属于第一类鼓励类第三十七项“卫生健康”第 1 条中“医疗卫生服务设施建设”。同时，本项目不属于《市场准入负面清单（2022 年版）》禁止事项。本项目符合国家和天津市的相关产业政策。

## 7.实践正当性

本项目实施后医院可以有效开展拍片造影及介入治疗，提升医疗水平和服务水平，满足广大受检者的需求，造福广大受检者。同时本项目第四手术室采取的屏蔽防护措施、控制系统对受检者受照剂量控制满足医疗照射防护与安全最优化的有关规定。在考虑社会、经济和其他有关因素后，对受照个人或社会带来的利益足以弥

补其可能引起的辐射危害，本项目的建设符合《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“实践的正当性”的要求。

## 8. 选址合理性分析

本项目位于天津市宁河区中医医院新院址院内，属于医疗卫生用地，本项目建设不改变用地性质，选址符合用地规划要求。

## 9. 现有核技术利用项目情况

### 9.1 辐射安全许可证持证情况

天津市宁河区中医医院现持有辐射安全许可证，证书编号：津环辐证[QZ006]，发证日期：2024年12月02日，有效期至2029年02月26日，许可种类和范围：使用III类射线装置。

天津市宁河区中医医院现有已许可4台射线装置，均设置在位于天津市宁河区桥北街白台道8号的新院区，射线装置情况见下表。

表 1-4 医院现有射线装置明细一览表

序号	装置名称	规格型号	类别	装置分类名称	工作场所
1	医用诊断 X 射线透视摄影机系统	DX761B	III类	医用诊断 X 射线装置	放射科
2	数字乳腺 X 射线摄影系统	uMammo890i	III类	医用诊断 X 射线装置	
3	口腔颌面锥形束计算机体层摄影设备	X-TREND	III类	口腔（牙科）X 射线装置	
4	X 射线计算机体层摄影装置	Uct528	III类	医用 X 射线计算机断层扫描（CT）装置	

### 9.2 辐射安全与环境保护管理现状

医院根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关法律、法规的要求已成立辐射安全与环境保护管理小组，负责医院现有射线装置的辐射安全与防护工作，并明确了具体职责，由法人担任辐射安全工作第一责任人，对辐射安全工作负总责。

表 1-5 医院现有辐射安全与环境保护管理小组成员一览表

序号	管理人员性质	姓名	职务或职称	专/兼职
1	负责人	李东柏	院长	专职
2	辐射防护负责人	赵国庆	科长	专职
3	成员	徐光	副科长	专职

### 9.3 辐射工作人员持证情况

医院现有辐射工作人员均已参与核技术利用辐射安全和防护专业知识及相关

法律法规的培训和考核，并通过考核后上岗。

#### 9.4 辐射安全管理制度建设情况

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》及医院现有核技术利用项目的开展情况，有针对性地制定了相应的规章制度，包括：《操作规程》、《岗位职责》、《放射防护设施和措施管理制度》、《设备维护检修制度》、《辐射安全管理规定》、《培训计划》、《放射诊断质量保证大纲》、《辐射工作场所监测方案》、《个人剂量管理制度》、《保护受检者放射防护制度》、《辐射事故应急预案》等规章制度。医院运行期间认真落实各项规章制度，按操作规程操作。

#### 9.5 个人剂量计监测情况

医院现有辐射工作人员均按要求佩戴个人剂量计，指定专人负责个人剂量计收发、送检、统计的管理工作，按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）的要求，委托有资质单位每3个月开展一次监测，并建立个人剂量档案，档案齐全。

根据辐射工作人员2024年第4季度的个人剂量检测报告结果，预计医院现有辐射工作人员年有效剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中规定的职业工作人员年有效剂量的要求。

#### 9.6 工作场所年度监测执行情况

医院现有辐射安全许可证发证日期为2024年12月02日，自取证后未开展辐射工作场所环境辐射水平检测，医院预计每年委托有资质单位对现有辐射工作场所开展环境辐射水平检测，并出具检测报告。

#### 9.7 监测仪器、防护用品配备情况

医院现有辐射工作场所已配备相应的监测仪器及个人防护用品，监测仪器和防护用品配备情况详见下表。

表 1-6 医院现有监测仪器和防护用品一览表

序号	名称	数量
1	铅橡胶衣	5 套
2	铅橡胶围裙	4 套
3	铅橡胶颈套	5 套
4	铅橡胶帽子	4 个
5	铅防护眼镜	4 副
6	铅橡胶手套	4 副
7	个人剂量计	14 个
8	个人剂量报警仪	3 台

9	环境监测用 X- $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率仪	1 台
---	------------------------------	-----

### 9.8 现有核技术利用项目管理情况概括

天津市宁河区中医医院现有核技术利用项目均已取得辐射安全许可证，医院已成立辐射安全与环境保护管理机构，认真履行辐射安全防护及风险防范措施，近年来无辐射事故发生；医院已制定辐射安全管理相关规章制度；配备了辐射防护用品和监测设备；辐射工作人员均参与核技术利用辐射安全和防护知识的培训和考核，考核合格后上岗，定期开展个人剂量监测，监测结果满足标准要求；辐射工作场所防护性能已开展例行监测，监测结果均满足标准要求。

### 10 现有辐射安全与防护设施、措施不足及改进措施

(1) 本项目建设位于天津市宁河区中医医院新院址，本项目建成后拟完善辐射安全与环境保护管理小组。

(2) 医院现有各项规章制度不满足本项目使用 II 类射线装置的要求，本项目建成后，医院应根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中第十六条对使用射线装置的规定，完善各项规章制度。

(3) 本项目辐射工作人员均为新增，须通过核技术利用辐射安全与防护考核，考核合格后持证上岗。

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	医用血管造影 X 射线机	II 类	1	Artis Zee III ceiling	125	1000	医疗诊断及介入治疗	门急诊住院综合楼 (1#) 二层第四手术室	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧	气态	/	/	少量	少量	少量	不暂存	经第四手术室的排风系统引至楼外排入大气环境
氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	少量	不暂存	

注：1、常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/kg，气态为 mg/m<sup>3</sup>；年排放总量用 kg。

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

表 6 评价依据

<p>法规 文件</p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（中华人民共和国主席令第九号 2014 年 4 月 24 日修订，2015 年 1 月 1 日起施行）；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（中华人民共和国主席令第二十四号，2018 年 12 月 29 日第二次修订实施）；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（中华人民共和国主席令第六号，2003 年 6 月 28 日通过，自 2003 年 10 月 1 日起施行）；</p> <p>(4) 国务院令 449 号《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2005 年 9 月 14 日发布，2019 年 3 月 2 日第二次修订并实施）；</p> <p>(5) 国务院令 682 号《国务院关于修改〈建设项目环境保护管理条例〉的决定》（2017 年 10 月 1 日）；</p> <p>(6) 原国家环保总局（总局令 31 号）《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2006 年 1 月 18 日国家环境保护总局令 31 号公布，2021 年 1 月 4 日生态环境部令 20 号修改）；</p> <p>(7) 原国家环保总局（环发〔2006〕145 号）《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》（2006 年 09 月 26 日）；</p> <p>(8) 原环保部令 18 号《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（2011 年 5 月 1 日）；</p> <p>(9) 原环保部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号《关于发布〈射线装置分类〉的公告》（2017 年 12 月 5 日）；</p> <p>(10) 生态环境部令 9 号《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》（自 2019 年 11 月 1 日起施行）；</p> <p>(11) 生态环境部令 16 号《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）；</p> <p>(12) 《天津市生态环境保护条例》（2019 年 1 月 18 日通过，自 2019 年 3 月 1 日起施行）。</p>
------------------	--

<p style="text-align: center;"><b>技术 标准</b></p>	<p>(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)；</p> <p>(2) 《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》(GBZ/T 244-2017)；</p> <p>(3) 《电离辐射所致眼晶状体剂量估算方法》(GBZ/T 301-2017)；</p> <p>(4) 《职业性外照射个人剂量监测规范》(GBZ 128-2019)；</p> <p>(5) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)；</p> <p>(6) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ 10.1-2016)；</p> <p>(7) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)；</p> <p>(8) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)；</p> <p>(9) 《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》(WS 76-2020)；</p> <p>(10) 《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》(HJ 1326-2023)。</p>
<p style="text-align: center;"><b>其他</b></p>	<p>(1) 核与辐射安全管理体系(第三层级)《数字减影血管造影 X 射线装置(DSA)监督检查技术程序》(NNSA/HQ-08-JD-IP-035)；</p> <p>(2) 《天津市环境天然贯穿辐射水平调查研究》，辐射防护，第 13 卷第 3 期(唐旭兴、梁维华、田金池)，1993；</p> <p>(3) 李德平，潘自强主编.《辐射防护手册》(第一分册)(第三分册)[M].北京：原子能出版社，1991；</p> <p>(4) 国际放射防护委员会第 33 号出版物.《ICRP No.33》(医用外照射源的附属防护)，1982；</p> <p>(5)天津市生态环境局.《2023 年天津市生态环境状况公报》，2024；</p> <p>(6) 医院提供的相关资料。</p>

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）“放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围）”。结合本项目特征及射线装置周围具体情况，确定本项目以 DSA 所在的第四手术室实体屏蔽边界外 50m 范围内的区域为评价范围。

保护目标

本项目第四手术室屏蔽边界外 50m 范围内无学校、居民区等环境敏感点。涉及环境敏感点为控制室和评价范围内天津市宁河区中医医院其他工作场所、院内道路、白台道，涉及人员为辐射工作人员和公众。其中辐射工作人员为本项目 DSA 操作人员（包括医师、护师、技师）和评价范围内其他科室的辐射工作人员，公众为评价范围内医院非放射性科室的工作人员、病患及家属和途经公众。环境保护目标具体情况见表 7-1。

表 7-1 评价范围内环境保护目标

序号	环境保护目标	方位	距离	人数	性质
1	近台操作位（医师、护师）	/	紧邻	8 人	本项目辐射工作人员
2	拟建第四手术室控制室（技师）	东侧	紧邻	2 人	本项目辐射工作人员
3	设备间	西侧	紧邻	1 人	公众
4	OR1（第一手术室）、OR2（第二手术室）、OR3（第三手术室）等	西侧	约 3.2m	约 8 人	公众
5	清洁走廊	北侧	紧邻	约 5 人	公众
6	洁净走廊	南侧	紧邻	约 5 人	公众
7	清洗间、打包间、敷料间、仪器室等	南侧	约 3m	约 5 人	公众
8	门急诊住院综合楼（1#）其他辐射工作场所的辐射工作人员	各侧	50m 范围内	约 10 人	辐射工作人员（放射科）
9	门急诊住院综合楼（1#）非放射性科室工作人员	各侧	50m 范围内	约 200 人	公众
10	评价范围内的医院病患及途经公众	各侧	50m 范围内	/	公众

注：表中方位以本项目第四手术室中心点为参照点，距离为屏蔽边界距环境敏感点的最近直

线距离。

## 评价标准

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

#### B1.1 职业照射

##### B1.1.1 剂量限值

B1.1.1.1 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。

#### B1.2 公众照射

##### B1.2.1 剂量限值

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。

### 二、《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）

#### 1 范围

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。

本标准适用于 X 射线影像诊断和介入放射学。

#### 5 X 射线设备防护性能的技术要求

##### 5.1 一般要求

5.1.1 X 射线设备出线口上应安装限束系统（如限束器、光阑等）。

5.1.2 X 射线管组件上应有清晰的焦点位置标示。

5.1.3 X 射线管组件上应标明固有滤过，所有附加滤过片均应标明其材料和厚

度。

## **5.2 透视用 X 射线设备防护性能的专用要求**

5.2.1 C 形臂 X 射线设备的最小焦皮距应不小于 20cm，其余透视用 X 射线设备的最小焦皮距应不小于 30cm。

5.2.2 透视曝光开关应为常断式开关，并配有透视计时及限时报警装置。

5.2.3 用于介入放射学、近台同室操作（非普通荧光屏透视）的 X 射线透视设备防护性能专用要求见 5.8。

## **5.3 摄影用 X 射线设备防护性能的专用要求**

5.3.1 200mA 及以上的摄影用 X 射线设备应有可安装附加滤过板的装置，并配备不同规格的附加滤过板。

5.3.2 X 射线设备应有能调节有用线束照射野的限束装置，并提供可标示照射野的灯光野指示装置。

## **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操作位置情况下能成功切换透视和摄影功能的控制键。

5.8.3 X 射线设备应配备能阻止使用焦皮距小于 20cm 的装置。

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

## **6 X 射线设备机房防护设施的技术要求：**

### **6.1 X 射线设备机房布局**

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

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

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

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

表 2 X 射线设备机房（照射室）使用面积、单边长度的要求

设备类型	机房内最小有效使用面积 (m <sup>2</sup> )	机房内最小单边长度 (m)
单管头 X 射线设备 <sup>b</sup> (含 C 型臂, 乳腺 CBCT)	20	3.5
<sup>b</sup> 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。

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~C.7。

表 3 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

机房类型	有用线束方向铅当量 mmPb	非有用线束方向铅当量 mmPb
C 型臂 X 射线设备机房	2.0	2.0

6.2.3 机房的门和窗关闭时应满足表 3 的要求。

6.2.4 距 X 射线设备表面 100cm 处的周围剂量当量率不大于 2.5μSv/h 时且 X 射线设备表面与机房墙体距离不小于 100cm 时，机房可不做专门屏蔽防护。

## 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；

## 6.4 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，灯箱处应设置如“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。

6.4.8 模拟定位设备机房防护设施应满足相应设备类型的防护要求。

6.4.10 机房出入口宜处于散射辐射相对低的位置。

### 6.5 X 射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求

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

6.5.3 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低于 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低于 0.5mmPb。

6.5.5 个人防护用品不使用时，应妥善存放，不应折叠放置，以防止断裂。

表 4 个人防护用品和辅助防护设施配置要求

放射检查类型	工作人员		受检者	
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施
介入放射学操作	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/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏 选配：移动铅防护屏风	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套 选配：铅橡胶帽子	—
注 1：“—”表示不做要求。				

### 7 X 射线设备操作的防护安全要求

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

7.8.1 介入放射学、近台同室操作（非普通荧光透视）用 X 射线设备操作的防护安全要求。

7.8.2 介入放射学用 X 射线设备应具有记录受检者照剂量的装置，并尽可能

将每次诊疗后受检者受照剂量记录在病历中，需要时，应能追溯到受检者的受照剂量。

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

7.8.4 穿着防护服进行介入放射学操作的工作人员，其个人剂量计佩戴要求应符合 GBZ 128 的规定。

### **8 X 射线设备机房防护检测要求**

8.1 X 射线设备机房防护设施和机房周围辐射剂量检测应满足下列要求：

a) X 射线设备机房防护检测指标和要求应符合 6.3 的规定；

b) X 射线设备机房的防护检测应在巡测的基础上，对关注点的局部屏蔽和缝隙进行重点检测。关注点应包括：四面墙体、地板、顶棚、机房门、操作室门、观察窗、采光窗/窗体、传片箱、管线洞口、工作人员操作位等，点位选取应具有代表性；

8.2 X 射线设备机房放射防护安全设施应进行竣工验收，在使用过程中，应进行定期检查和检测，定期检测的周期为一年。

8.3 在正常使用中，医疗机构应每日对门外工作状态指示灯、机房门和闭门装置进行检查，对其余防护设施应进行定期检查。

### **三、剂量约束值**

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002），辐射工作人员所受职业照射的剂量限值为连续 5 年内平均年有效剂量不超过 20mSv，关键组公众成员的年有效剂量限值为 1mSv。

剂量约束所指的照射是任何关键人群组在受控源的预期运行过程中、经所有照射途径所接受的年剂量之和。对每个源的剂量约束应保证关键人群组所受的来自所有受控源的剂量之和保持在剂量限值以内。根据辐射防护最优化原则并结合本项目特点，为确保辐射工作人员和公众成员的安全，本项目将 2mSv/a 作为辐射工作人员的年剂量约束值，将 0.1mSv/a 作为关键组公众人员的年剂量约束值。

表 8 环境质量和辐射现状

## 环境质量和辐射现状

### 1.项目地理和场所位置

宁河区，位于天津市东北部、华北平原东部、渤海湾西北部。于北纬 39°09'06"~39°34'22"，东经 117°18'54"~117°49'17"之间。东接唐山市丰南区、丰润区，西连宝坻区、武清区、北辰区，西南傍永定新河，东南接滨海新区倚津山铁路。南至永定新河、潮白新河汇流地带、邻东丽区，北起还乡河、小新河汇流地带，邻唐山市丰润区、玉田县。南北宽 49 千米，东西长 45 千米，总面积 1296 平方千米。

天津市宁河区中医医院新院址位于天津市宁河区桥北街白台道 8 号，中心坐标为：E117°47'56.949"，N39°20'17.033"。医院西侧隔朝阳路为桥北新区第一小学，东侧隔白台道为宁河妇女儿童保健中心，北侧隔绿荫西路为宁新花园，南侧为规划绿带。

本项目拟建第四手术室位于新院址门急诊住院综合楼（1#）二层东北部区域，第四手术室中心坐标为：E117°47'59.640"，N39°20'18.841"。拟建第四手术室西侧为设备间，东侧为控制室，北侧为洁净走廊，南侧为洁净走廊，楼上无建筑，楼下投影区域为急诊大厅区域。

### 2.自然环境简况

#### 2.1 地质、地貌

宁河区地质构造体系处于燕山纬向构造体系与新华夏构造体系的交接部位，按三级构造单元划分，分属于东西构造体系的唐山隆起和新华夏构造体系的沧县隆起、黄骅拗陷三个地质构造区。现代构造运动表现出地壳的上升、下降、断层的稳态滑动及快速破裂，因此地震活动频繁。

宁河区地貌处于冲积平原前缘和海积冲积平原交错地带。地势总轮廓是：中东部最高，一般地面高程 2.0~3.0 米。全境平原低平，由北向南微微倾斜，地面坡度为 1/5000~1/10000。属冲积平原、海积冲积平原。

#### 2.2 气候特征

宁河区属暖温带季风型大陆性气候区。总的气候特征为：暖、干，温差异常明显，季风显著，四季分明，光照充足。年平均气温 11.1℃，年平均地面温度 2.7℃~

4.9°C。年平均日照时数 2801.7 小时，年日照百分率 63%，属于北方长日照地区。

### **2.3 水文地质条件**

宁河区有蓟运河、潮白新河、北京排污河、永定新河、还乡新河 5 条一级行洪河道，12 条二级河道，还有 43 个封闭注淀，1 座水库，384 座坑塘。

### **2.4 土壤、植被**

宁河区土壤大体可归纳为 3 个土类，7 个亚类，18 个土属，53 个土种。

宁河区野生植物资源非常丰富，乔木主要品种有加杨、毛白杨等 40 余种。灌木有杞柳、木槿等近 10 种。果树有金冠苹果、鸭梨等 30 余种。草类有芦苇、蒲草一般指水烛等 80 余种。此外尚有野生中药材 300 余种，其中植物类 190 余种，动物类 110 种。

### **2.5 社会环境简况**

截至 2023 年 6 月，宁河区下辖 2 个街道、13 个镇：芦台街道、桥北街道、宁河镇、苗庄镇、丰台镇、岳龙镇、板桥镇、潘庄镇、造甲城镇、七里海镇、大北涧沽镇、东棘坨镇、北淮淀镇、俵口镇、廉庄镇。另辖：贸易开发区、经济开发区、天津未来科技城天津经济技术开发区片区、天津未来科技城滨海高新区片区、天津未来科技城宁河片区现代产业区组团、天津未来科技城宁河片区潘庄工业区组团、天津未来科技城宁河片区北淮淀组团，270 个村、35 个社区，区政府驻光明路 47 号。

2023 年，宁河区常住人口总量 38.52 万人，其中，城镇常住人口 18.74 万人，乡村常住人口 19.78 万人。城镇化率为 48.65%，比上年提高 0.41 个百分点。户籍人口 41.09 万人，增长 0.1%，出生人口 2163 人，人口出生率为 5.3‰。人口以汉族为主，另有回、壮、满、蒙古、瑶、土家、侗、朝鲜等 22 个少数民族。

2023 年，宁河区地区生产总值 317.93 亿元，按不变价格计算，比上年增长 1.3%，其中，第一产业增加值 38.77 亿元，比上年增长 7.6%；第二产业增加值 131.09 亿元，比上年下降 2.3%；第三产业增加值 148.07 亿元，比上年增长 2.9%。三次产业结构比为 12.19:41.23:46.58。

## **4. 辐射环境现状调查**

### **4.1 辐射环境背景调查**

根据《天津市环境天然贯穿辐射水平调查研究》，天津市原野 $\gamma$ 辐射剂量率范

围为 36.0nGy/h~99.7nGy/h，天津市室内  $\gamma$  辐射剂量率范围为 48.0nGy/h~140.4nGy/h。根据《2023 年天津市生态环境状况公报》，2023 年天津市辐射环境质量总体良好，其中，全市环境电离辐射水平处于本底涨落范围内，各大气辐射环境自动监测站的实时连续空气吸收剂量率年均值范围为 (59.6-73.0) nGy/h，与 1989 年天津市环境天然辐射剂量调查结果 (36.0~99.7) nGy/h 处于同一水平。

#### 4.2 环境辐射剂量现状监测

为了解本项目辐射工作场所辐射环境现状，本次评价委托天津理化安科评价检测科技有限公司于 2024 年 3 月 18 日对本项目工作场所及周边区域的辐射环境现状进行了监测。辐射环境本底监测报告见附件 4。

##### (1) 监测项目

本项目拟建第四手术室及周边区域的环境  $\gamma$  辐射剂量率。

##### (2) 监测点位

具体监测点位示意图见图 8-1。

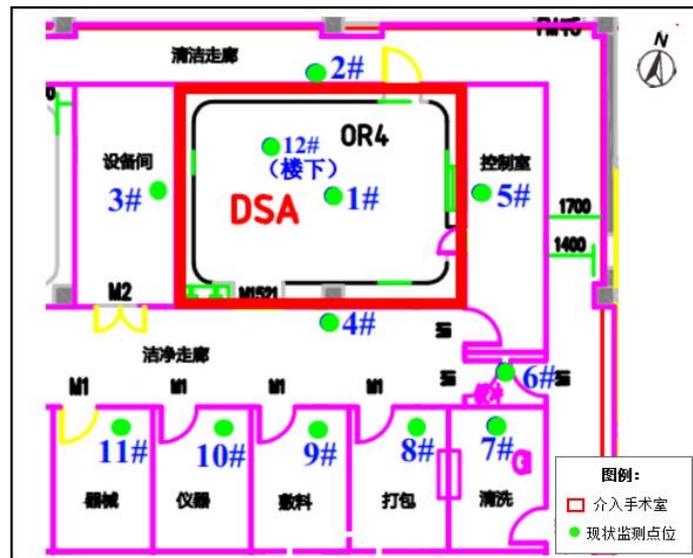




图 8-1 本项目辐射环境现状监测点位示意图

### (3) 监测设备及方法

表 8-1 监测设备和监测方法

检测项目	分析方法及依据	使用仪器	仪器型号	检定有效期
环境 $\gamma$ 辐射剂量率	《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)	环境 X $\gamma$ 剂量率仪	LH-FS-A002	2025/2/28

### (4) 质量保证措施

①合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性和可比性，同时满足标准要求。

②监测方法采用国家有关部门颁布的标准，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，检定合格后使用。

④每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。

⑤由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。

⑥检测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由技术总负责人审定。

### (5) 监测结果及分析

本项目辐射环境现状监测结果见表 8-2。

表 8-2 辐射环境现状检测结果

点位编号	点位描述	监测结果 (nGy/h)
------	------	--------------

1#	拟建介入手术室中心位置	85.82
2#	拟建介入手术室北侧清洁走廊	86.30
3#	拟建介入手术室西侧设备间	85.44
4#	拟建介入手术室南侧洁净走廊	81.70
5#	拟建介入手术室东侧控制室	86.21
6#	拟建介入手术室东南侧缓冲室	80.74
7#	拟建介入手术室东南侧清洗室	82.46
8#	拟建介入手术室南侧打包室	85.34
9#	拟建介入手术室南侧敷料室	83.62
10#	拟建介入手术室南侧仪器室	83.33
11#	拟建介入手术室西南侧器械室	86.30
12#	拟建介入手术室下方大厅	95.81
13#	门急诊住院综合楼（1#）东侧院内道路	98.11
14#	门急诊住院综合楼（1#）北侧院内道路	99.46

注：检测结果未减除宇宙射线的影响。检测报告中介入手术室即为本项目第四手术室。

由监测结果可知，本项目室内辐射环境背景值的范围在 80.74~95.81nGy/h 之间，处于天津市室内 $\gamma$ 辐射剂量率（48.0nGy/h~140.4nGy/h）范围内。室外辐射环境背景值为 98.11~99.46nGy/h 之间，与天津市原野 $\gamma$ 辐射剂量率（36.0nGy/h~99.7nGy/h）处于同一水平。

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

本项目拟新增血管造影机主要组成部分为：C 型臂机架，检查床，高压发生器，X 射线球管，数字平板探测器（兼影像接收），显示屏，满足数字化平板采集特点的数字图像处理系统，存储系统（含各种分析软件），控制操作系统，防护设备，连接电缆以及附属设备。DSA 示意图如下：

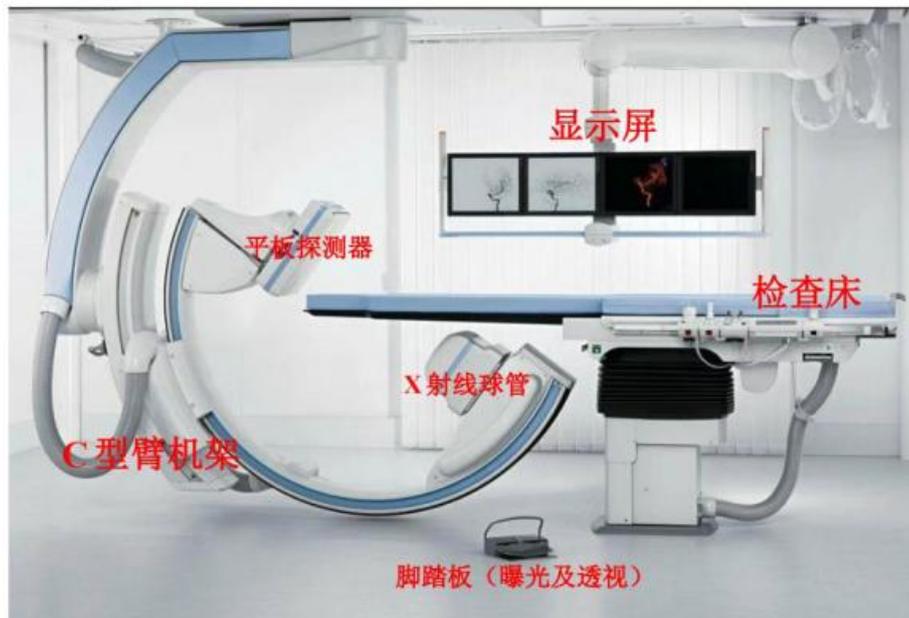


图 9-1 DSA 主要组成示意图

本项目 DSA 设备参数情况见表 9-1。

表 9-1 本项目 DSA 基本参数表

设备名称	医用血管造影 X 射线系统
工作场所	第四手术室
设备型号	Artis Zee III ceiling
设备厂家	西门子（深圳）磁共振有限公司
滤过条件	0.5mmCu
额定管电压	最大：125kV
	透视常用：60~70kV；摄影常用：90~125kV
额定管电流	最大：1000mA
	透视常用：5~20mA；摄影常用：10~250mA
额定功率	100kW
主射方向	从下向上
设备用途	医疗诊断和介入治疗
X 射线泄漏率	≤0.1%

注：根据医院提供的资料，血管造影机偏置 C 臂（枢轴）可作一定角度的左/右斜位旋转，C 臂可作一定角度的头部/尾部转角，结合实际运行过程，血管造影机常用操作的主射方向为从下往上，不进行 C 臂旋转使用。

## 2.工作原理

DSA 在工作时，X 射线管中的电子束轰击阳极靶产生 X 射线，X 射线穿过人体，产生不同程度的衰减后照射在探测器上，形成 X 射线图像的电子信号，通过信号传输和转换最终将影像送入电子计算机存储并呈现在屏幕上。数字摄影血管造影过程是应用计算机程序进行两次成像完成的，在注入造影剂之前，首先进行第一次 X 射线成像，并用计算机将图像转换成数字信号储存起来。注入造影剂后，两次成像并转换成数字信号，两次数字信号相减，消除相同的信号，得到一个只有造影剂的血管图像。

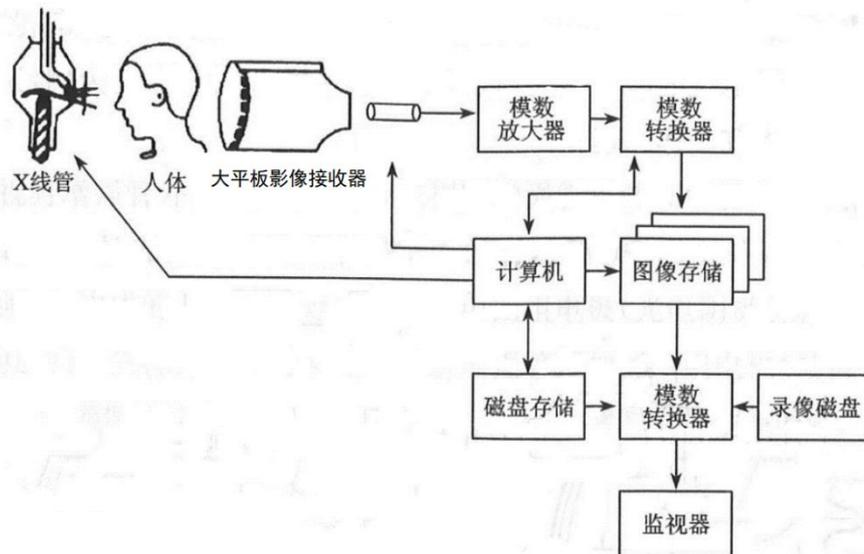


图 9-2 DSA 系统示意图

## 3.工作流程

介入诊断治疗包括射影和透视两种模式。

拍片检查（摄影模式）：受检者预约，医师接诊受检者并告知在手术过程中可能受到辐射危害。受检者登记，进入第四手术室，被固定在检查床上，调整数字式平板探测器并对检查部位进行定位后，医师离开第四手术室，关闭防护门。技师在控制室内分别对没有注入造影剂和注入造影剂的受检部位进行照射，得到的两幅血管造影 X 射线荧光图像经计算机减影处理后，在计算机显示器上显示出血管影像的减影图像。医生根据该图像诊断受检者是否患有心血管病，若确诊没有问题，诊疗结束，若确诊有问题，则根据受检者病变的范围、程度，选择治疗

方案，开展介入治疗。

介入治疗（透视模式）：按照治疗方案对受检者实施介入治疗，介入操作中，医生根据操作要求，踩住手术床下的脚踏板开关启动血管造影机的 X 射线系统进行透视，通过悬挂显示屏显示的连续画面，完成介入操作。每台手术血管造影机的 X 射线系统进行透视的次数及每次透视时间因受检者的部位、手术的复杂程度而不同。介入手术完成后关机，病人离开第四手术室。

血管造影机检查与介入治疗流程及产污环节如下图所示。

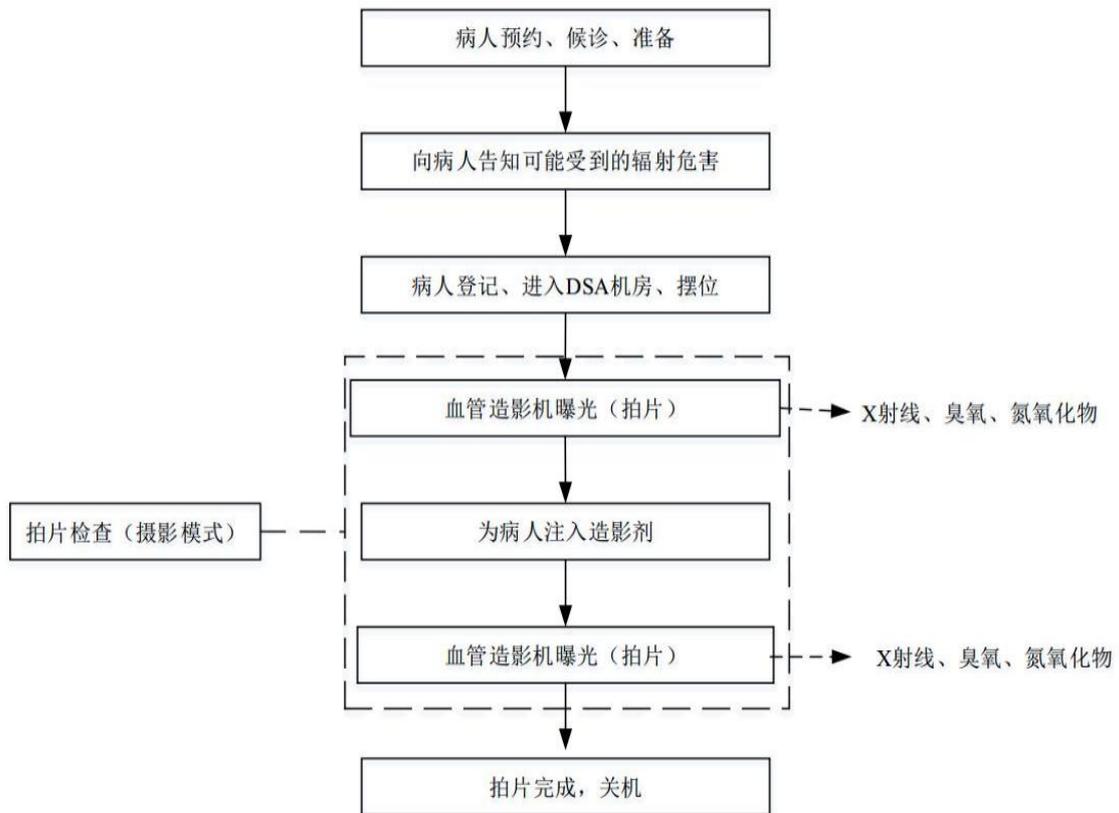


图 9-3 拍片检查的流程及产污环节示意图

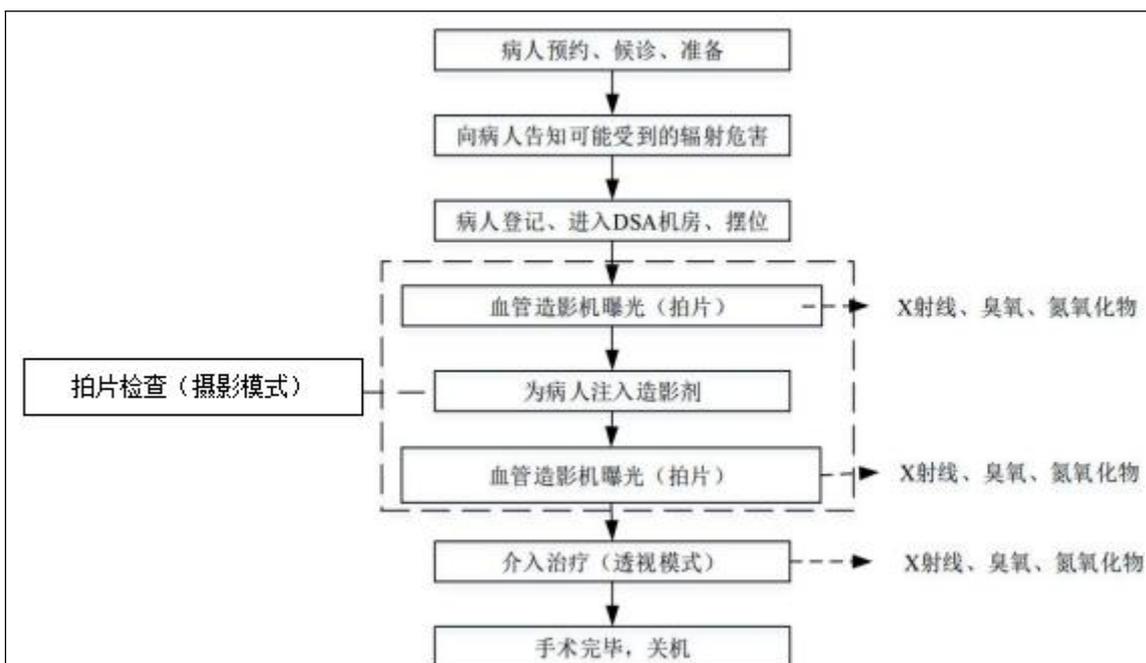


图 9-4 介入治疗的流程及产污环节示意图

## 污染源项描述

### 1.污染源分析

由工作原理可知，X 射线管发射的电子轰击靶物质时产生 X 射线，X 射线随射线装置的开、关机产生和消失，一旦切断电源，便不会再有 X 射线产生。

本项目 DSA 采用计算机图像存储管理系统，电脑成像，电子存档，不再使用显影、定影液冲洗片的方式，无废水、固体废物产生。

DSA 运行中产生的 X 射线会使空气中的氧气发生电离继而产生  $O_3$  和  $NO_x$ 。因此，本项目主要污染因子为 X 射线、 $O_3$  和  $NO_x$ 。

### 2.正常工况污染途径

正常开机工况下，当 X 射线管发射的电子轰击靶物质时，产生 X 射线。X 射线经有用线束、漏射和散射对工作场所及其周围环境产生辐射影响。同时 DSA 运行过程中，电子会使空气中的氧气发生电离继而产生  $O_3$  和  $NO_x$ 。 $O_3$  和  $NO_x$  由第四手术室的排风系统排出。

### 3.事故工况污染途径

本项目使用 DSA 属于 II 类射线装置，可能发生的事故工况主要有以下几种：

- (1) 射线装置控制系统或电器系统发生故障，造成人员受到超剂量照射。
- (2) 拍片前，第四手术室内的辐射工作人员或公众尚未退出，控制室技师启动设备出束，致使辐射工作人员和公众受到误照射。

(3) 工作状态下，防护门未关闭或突然被打开，对附近经过或停留人员造成一定量的散射和漏射 X 射线照射。

(4) 第四手术室屏蔽结构劳损，射线装置出束，致使 X 射线泄漏到第四手术室外，对周围的人员造成不必要照射。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

1.工作场所布局与分区

1.1 工作场所布局

天津市宁河区中医医院拟在医院新院址门诊急诊住院综合楼（1#）二层东北部新建一间第四手术室并安装使用 1 台 DSA，用于医疗诊断和介入治疗。本项目第四手术室平面布局图见图 10-1。

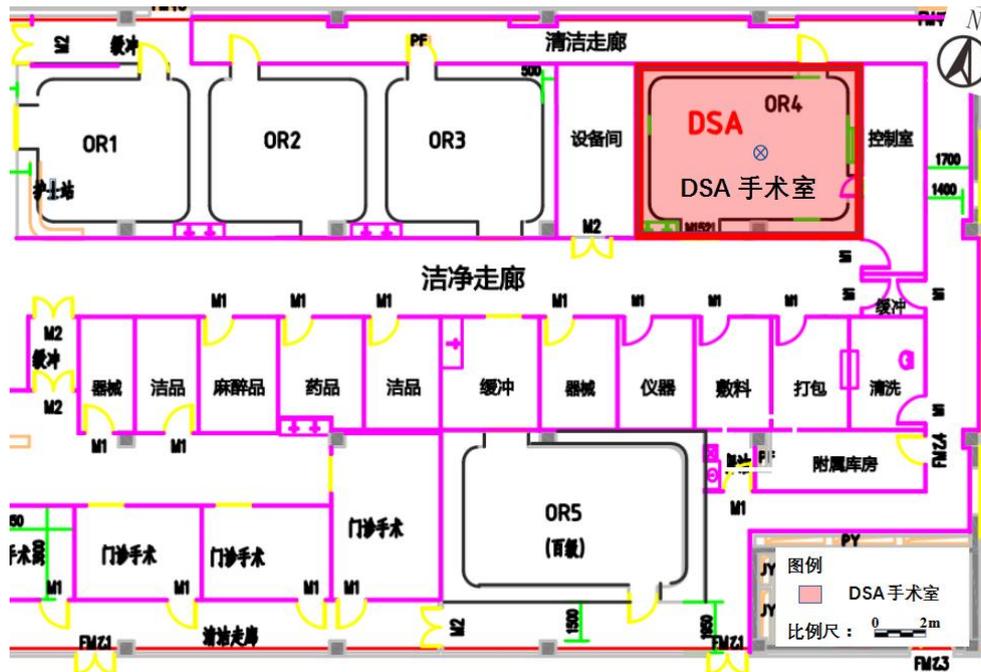


图 10-1 本项目第四手术室平面布局示意图

由图 10-1 可知，拟建第四手术室西侧为设备间，东侧为控制室，北侧为清洁走廊，南侧为洁净走廊，楼上无建筑，楼下投影区域为抢救室、急诊大厅区域。

DSA 安装在第四手术室内，第四手术室内部（长×宽×高）为 7.63m×5.5m×4.8m，有效使用面积约 41.97m<sup>2</sup>，能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中面积和最小单边长度的要求（即面积不小于 20m<sup>2</sup>，最小单边长度不小于 3.5m）。

第四手术室设置充分考虑了周围的辐射安全，设备管线通过地下电缆穿线引至电源柜，同时机房区域划分明确，与控制室分开，血管造影机大部分操作的主射方向为从下往上，正常工况下主射方向不会朝向四侧墙体，有用线束的照射方向避开了机房门、观察窗、管线口和控制台等，布局基本合理。第四手术室地面电缆沟槽布局图见图 10-2。

## 1.2 工作场所分区

为加强核技术应用医疗设备所在区域的管理，限制无关人员受到不必要的照射，应把辐射工作场所划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。《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中控制区和监督区的定义如下：“控制区为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；监督区为未被确定为控制区、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。”

结合上述定义与现场实际情况，本项目辐射工作场所的控制区和监督区划分见下表。

表 10-1 本项目场所控制区和监督区的划分

分区	控制区	监督区
工作场所	第四手术室屏蔽墙内区域	西侧设备间，东侧控制室，北侧清洁走廊，南侧洁净走廊，楼下抢救室、急诊大厅区域
管理要求	第四手术室控制区内禁止外来无关人员进入，辐射工作人员在进行日常工作时尽量不要在控制区内停留，以减小不必要的照射；控制区的进出口拟设置醒目的电离辐射警告标志和中文警示说明，并设置工作状态指示灯	不采取专门的防护手段安全措施，但要定期检测其辐射剂量，确保满足相关标准限值

本项目工作场所的控制区和监督区划分见下图。



图 10-2 第四手术室分区布局示意图

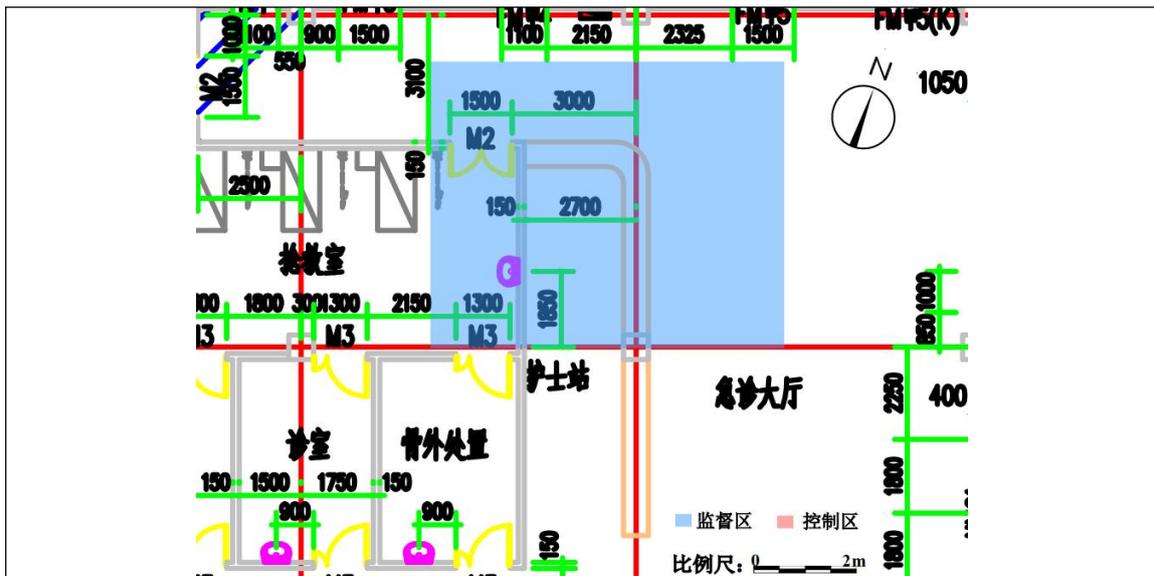


图 10-3 第四手术室下方投影区域分区布局示意图

## 2. 辐射防护屏蔽设计

### 2.1 第四手术室屏蔽设计

本项目屏蔽防护设计图如下：



图 10-4 第四手术室屏蔽防护设计图

本项目第四手术室采用钢筋混凝土、铅板、铅玻璃进行屏蔽防护。根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)附录 C, 采用 125kV 条件下核算铅当量, 不同屏蔽物质等效铅当量厚度见表 10-2。

表 10-2 不同屏蔽物质等效铅当量厚度

材料	密度 g/cm <sup>3</sup>	材料厚度, mm							
		125kV (有用线束)				125kV (90° 非有用线束)			
铅厚	11.3	1.0	2.0	2.5	3.0	1.0	2.0	2.5	3.0
混凝土	2.35	87	158	191	223	80	147	179	221

根据表 10-2, 计算可得本项目工作场所的等效屏蔽效果, 具体见表 10-3。

表 10-3 工作场所辐射防护屏蔽设计一览表

场所名称	屏蔽方位	采取的屏蔽材料及厚度	等效屏蔽效果	标准要求
第四手术室	四侧	轻钢龙骨+3mm 铅板	约 3mm 铅当量	2mm 铅当量
	屋顶 (有用线束方向)	120mm 混凝土+4mm 铅板	约 5.5mm 铅当量	2mm 铅当量
	地面	120mm 混凝土+2mm 铅板	约 3.5mm 铅当量	2mm 铅当量
	南侧电动推拉门 (M1)	3mm 铅当量防护门	3mm 铅当量	2mm 铅当量
	控制室单开平开门 (M2)	3mm 铅当量防护门	3mm 铅当量	2mm 铅当量
	北侧单开平开门 (M2)	3mm 铅当量防护门	3mm 铅当量	2mm 铅当量
	观察窗	3mm 铅当量铅玻璃	3mm 铅当量	2mm 铅当量

综上所述, 本项目血管造影机设置在单独第四手术室内, 同时手术室四侧墙体、屋顶、地面、防护门、观察窗设有相应的屏蔽防护措施, 等效屏蔽效果均不小于 2mm 铅当量, 能够满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020) 中 C 型臂 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求 (有用线束方向 2mm 铅当量, 非有用线束方向 2mm 铅当量)。

## 2.2 DSA 设备自身屏蔽

本项目拟购置的 DSA 设备本身具有屏蔽防护结构, 固定于天花板以及检查床侧面, 在探测器的背面 (上方) 设有约 2mm 等效铅当量的防护层。DSA 工作时有用线束方向为从下向上, 有用线束穿过受检者, 绝大部分被探测器屏蔽。DSA 工作时等剂量曲线图见图 10-6。

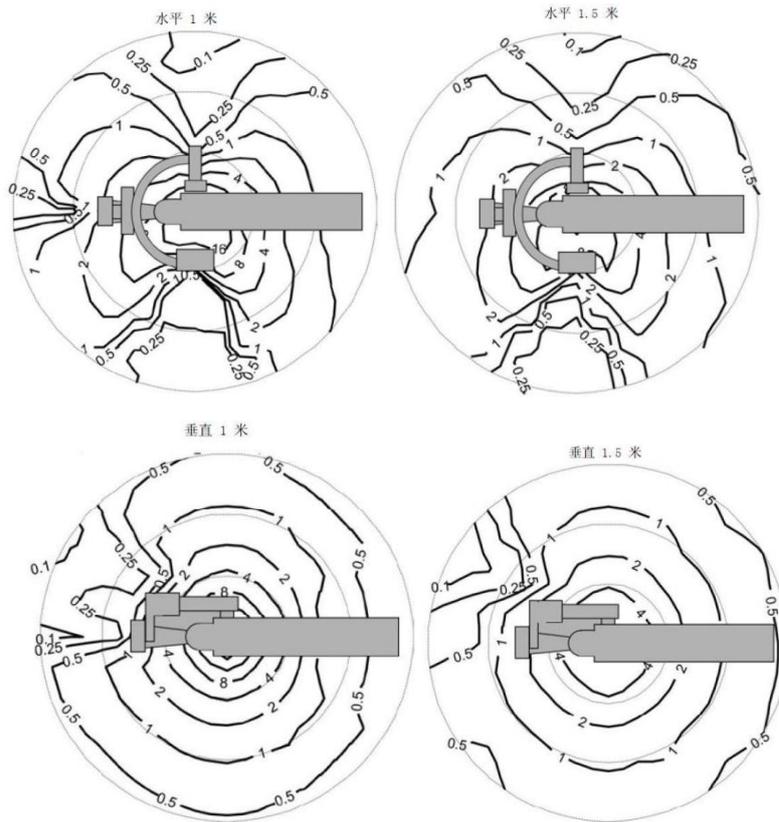


图 10-5 工作时等剂量曲线图

根据上图曲线分析，探测器防护层（上方）具有屏蔽防护效果，可形成有效屏蔽防护，使得对应方向上的辐射环境影响显著减小。由于 DSA 第一手术间楼上受到的辐射以有用线束为主，故本次预测楼上的剂量率时考虑探测器防护层和人体散射层的屏蔽，保守按 2mm 铅当量进行屏蔽叠加计算。

### 2.3 安全联锁措施设计

本项目 DSA 拟设置安全联锁、紧急停机按钮、对讲系统、工作状态指示灯、门灯联锁装置、电离辐射警告标识等安全防护措施，确保满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中场所安全措施要求。

本项目安全联锁装置不设置旁路，安全联锁装置的逻辑关系见图 10-6。

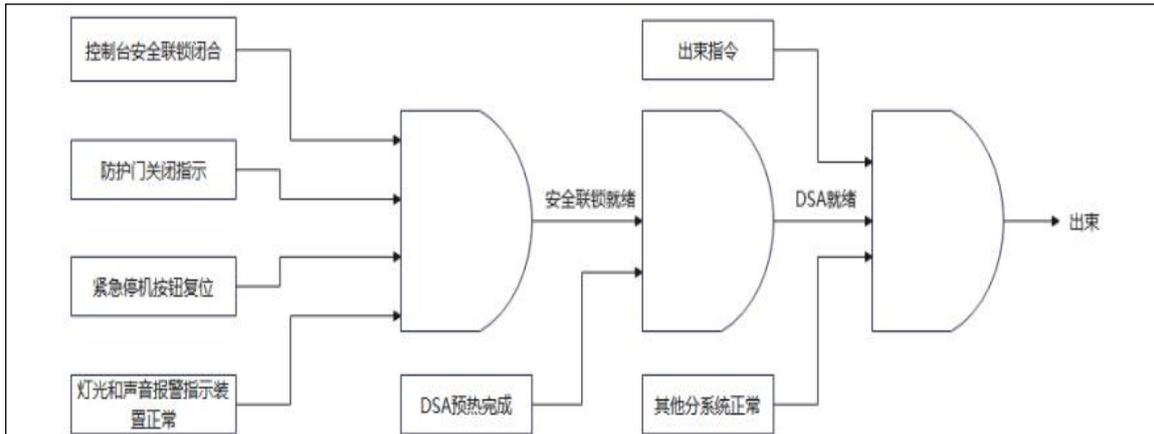


图 10-6 安全联锁逻辑关系图

### 3.辐射安全与防护措施

#### (1) 设备防护性能

① DSA 出线口上安装限束系统（调节有用线束照射野），X 射线管组件上有清晰的焦点位置标示并标明固有滤过。

② DSA 配备能阻止使用焦皮距小于 20cm 的装置。

③ DSA 扫描床下设置脚踏板，脚踏板可进行透视曝光开关，为常断式开关，并配有透视计时及限时报警装置。踩住手术床下的脚踏板开关启动 DSA 的 X 射线系统进行透视，通过悬挂显示屏显示的连续画面，完成介入操作。松开脚踏板，DSA 停止出束。

④ DSA 配备有可安装附加滤过板的装置。

⑤ 第四手术室拟配备工作人员在不变换操作位置情况下能成功切换透视和摄影功能的控制键。

⑥ 控制台和第四手术室内设有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的显示器。

#### (2) 第四手术室布局

① DSA 拟安装在第四手术室内，第四手术室为单独的机房，其最小单边长和有效使用面积均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中最小有效使用面积 20m<sup>2</sup>、最小单边长度 3.5m 的要求，满足使用设备的布局要求。

② 拟合理设置 DSA 的摆放朝向（向上出束），避免直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位。

③ 第四手术室四至区域涉及人员主要为医生及出入病患，不属于公众经常活

动的场所，与周围各房间分隔明确，拟采取有效的辐射屏蔽防护，充分考虑周围场所的人员安全。

### (3) 第四手术室屏蔽及防护

①第四手术室采用铅板、混凝土、铅玻璃等进行屏蔽防护，有用线束方向和非有用线束方向铅当量均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）表3相应厚度要求（有用线束方向2mm铅当量、非有用线束方向2mm铅当量）。

②第四手术室和控制室之间拟设置铅玻璃观察窗，辐射工作人员在有屏蔽防护设施的控制室内进行曝光操作，观察窗设置的位置便于观察到受检者状态及防护门开闭情况。

③第四手术室内禁止堆放与介入手术无关的杂物。

④第四手术室拟设置动力通风换气系统，并保持良好的通风，送风口和回风口均位于吊顶内，第四手术室内产生的 $O_3$ 、 $NO_x$ 经吊顶内的通风管道排至室外。进出风口处拟设置局部铅屏蔽，能够有效防止射线泄漏。

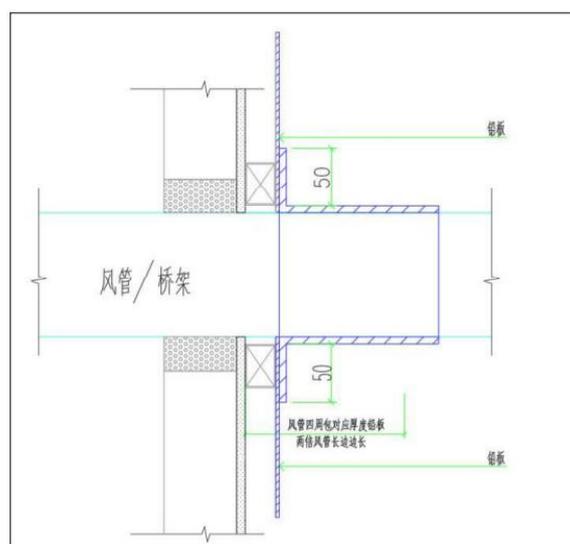


图 10-7 通风管道屏蔽补偿措施图

⑤第四手术室防护门外拟张贴电离辐射警告标志和放射防护注意事项，受检者出入口上方拟设置工作状态指示灯，灯箱处设可视警示语句，警示人们注意可能发生的危险。候诊区拟设置放射防护注意事项告知栏。

⑥进出第四手术室的防护门分为电动推拉式和手动平开式，受检者进出防护门为电动推拉门，拟设置防夹装置，出入口上方拟设置的工作状态指示灯，与防护门有效关联，防护门关闭，指示灯亮，防护门开，指示灯灭；污物进出门、辐

射工作人员进出门为手动平开门，拟设置自动闭门装置。医院拟制定曝光时关闭防护门的管理措施。

⑦受检者不在第四手术室内候诊；无特殊情况，陪检者不得在第四手术室内滞留。

⑧第四手术室出入口处于散射辐射相对低的位置。

#### (4) 防护用品及防护设施配备

①医院拟为第四手术室辐射工作人员配备铅橡胶围裙 4 套（0.5mmPb）、铅橡胶颈套 4 套（0.5mmPb）、铅防护眼镜 4 副（0.5mmPb）、铅橡胶帽子 4 个（0.5mmPb）、介入防护手套 4 副（不小于 0.025mmPb）；拟为受检者配备铅橡胶围裙 1 套（0.5mmPb）、铅橡胶颈套 1 套（0.5mmPb）、铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾 1 套（0.5mmPb）；辅助防护设施拟配备铅悬挂防护屏或铅防护帘 1 件（0.5mmPb）、床侧防护帘或床侧防护屏 1 件（0.5mmPb）。防护用品配备种类和铅当量均应满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）表 4 要求的工作人员、受检者防护用品与辅助防护设施。上述个人防护用品不使用时妥善存放，避免折叠放置。

②医院拟为本项目辐射工作人员配备个人剂量计，并按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）的要求进行佩戴和监测，建立个人剂量档案，并定期进行职业健康体检，建立个人职业健康档案。

#### (5) DSA 操作的防护

①辐射工作人员须熟练掌握业务技术，接受放射防护和有关法律知识培训，满足放射工作人员岗位要求。

②根据不同检查类型和需要，选择使用合适的设备、照射条件、照射野以及相应的防护用品。合理选择各种操作参数，在确保达到预期诊断目标条件下，使受检者所受到的照射剂量最低。

③DSA 曝光时，需关闭与第四手术室相通的防护门。

④辐射工作人员应在有屏蔽的防护设施内进行曝光操作，并应通过观察窗等密切观察受检者状态。

⑤DSA 系统配备记录受检者剂量的装置，建设单位拟每次诊疗后将受检者受照剂量记录在病历中，需要时，应能追溯到受检者的受照剂量。

⑥摄影图像采集时辐射工作人员不在手术间内停留；对受检者实施照射时，禁止与诊疗无关的其他人员在手术间内停留。

⑦设备垂直方向透视时，球管应位于受检者身体下方；水平方向透视时，工作人员可位于影像增强器一侧，同时注意避免有用线束直接照射，根据医院提供资料，本项目 DSA 主射方向为从下向上，为垂直方向。

#### (6) 其他措施

①控制台上拟设置紧急停机按钮（按钮与 X 射线系统连接）。DSA 出束过程中，一旦出现异常，按动紧急停机按钮，可停止 X 射线系统出束。

②第四手术室与控制室之间拟安装对讲装置，控制室的工作人员通过对讲与第四手术室内的手术人员联系。

③在保证影像清晰、不影响介入治疗的前提下，优化工作参数，以减少医护人员和受检者受照剂量。在满足放射诊疗要求的前提下，制定最优化的诊疗方案；同时加强对手术工作人员的培训，参与手术的工作人员应该技术熟练、动作迅速，以尽量缩短透视和减影时间，使照射时间最小化。

④第四手术室的设备管线拟沿电缆沟经控制室进入设备间，最终进入第四手术室，电缆沟上方和开孔处拟设置铅屏蔽盖板。电缆孔道避开了有用线束的照射方向（向上）。

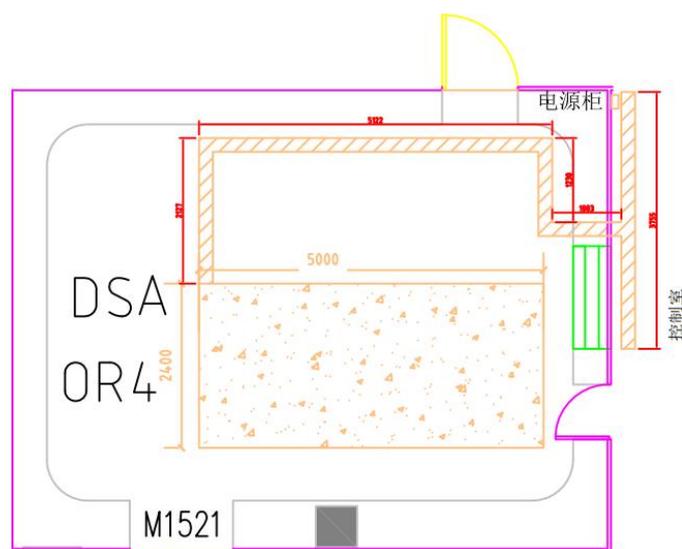


图 10-8 第四手术室地面电缆沟槽布局图

⑤DSA 设备维修与保养由设备厂家负责，每年至少维护一次。

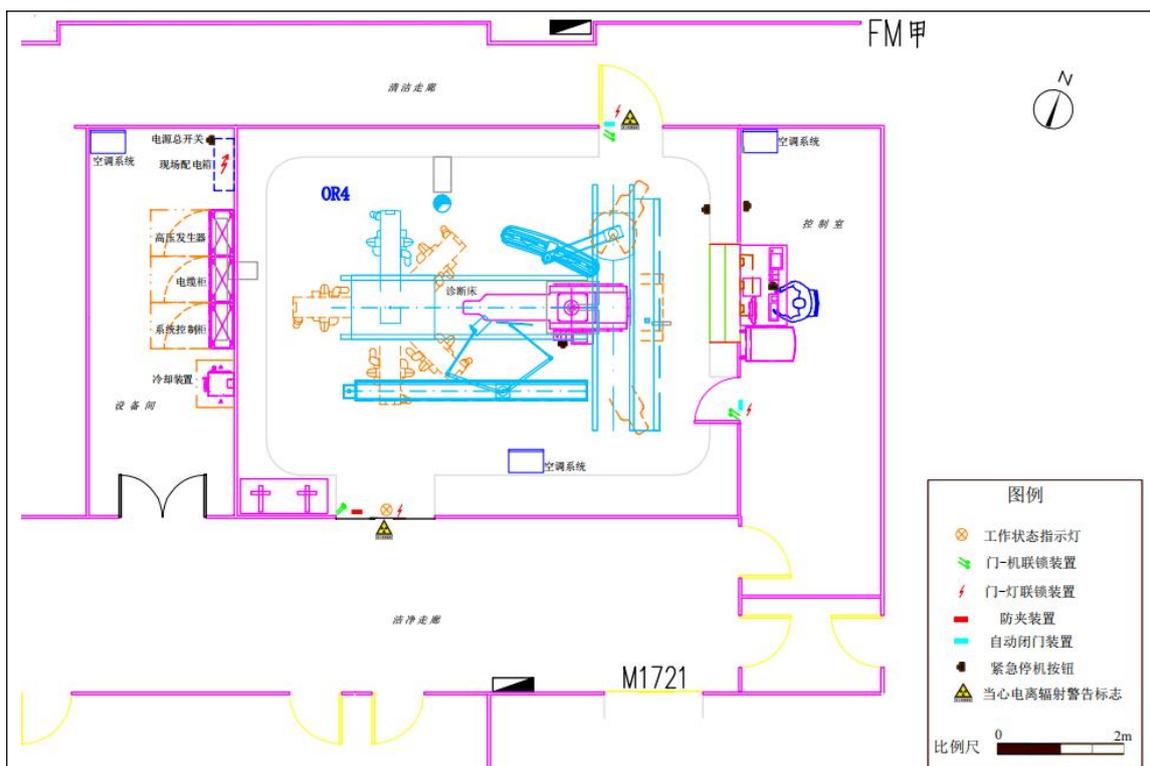


图 10-9 辐射防护措施图

#### 4. 医护人员、受检者的辐射防护要求

介入治疗是一种解决临床疑难病的方法，但介入治疗时 X 射线曝光量大，曝光时间长，距球管和散射体近，使介入治疗操作者受到较大剂量的 X 射线照射。为了减少介入治疗时 X 射线对操作者和其他人员的影响，医生、护士、受检者应做好辐射防护措施。

##### (1) 辐射工作人员防护要求

①医院拟加强教育和培训工作，提高辐射安全文化素养，全面掌握辐射防护法规和技术知识；

②辐射工作人员拟结合诊疗项目实际情况，综合运用时间、距离与屏蔽防护措施；

③在介入手术期间，辐射工作人员必须穿戴个人防护用品，并佩戴个人剂量计；

④拟定期维护 DSA 系统设备，制定和执行介入治疗的质量保证大纲。

##### (2) 受检者辐射防护要求

①医院拟严格执行 GB 18871-2002 中规定的介入诊疗指导水平；在保证影像清晰、不影响介入治疗的前提下，优化工作参数，以减少辐射工作人员和受检者

受照剂量。在满足放射诊疗要求的前提下，制定最优化的诊疗方案；

②在开展工作前拟制定方案并选择最优化的检查参数，为保证影像质量可采用高电压、低电流、限制透视检查时间等措施；

③医院拟采用剂量控制与分散措施，通过调整扫描架角度，移动扫描床等办法，分散受检者的皮肤剂量，避免单皮肤区域接受全部剂量；

④医院辐射工作人员拟做好受检者非照射部位的保护工作。

### 5.辐射防护与环保投资

本项目辐射防护与环保投资主要用于第四手术室的辐射防护屏蔽，辅助防护设施、个人剂量报警仪、个人防护用品等，X- $\gamma$ 剂量率仪依托现有，环保投资约58万，约占总投资的4.8%，具体明细见表10-4。

表 10-4 环保投资明细

序号	项目	投资估算（万元）	备注
1	第四手术室辐射防护屏蔽	40	墙体防护、屋顶、地面防护、防护门、观察窗等
2	X- $\gamma$ 剂量率仪	1.0	依托现有 1 台
3	个人剂量计	0.5	新增 10 支
4	个人剂量报警仪	1.0	新增 1 台
5	辅助防护设施	2.0	新增铅悬挂防护屏或铅防护吊帘 1 件、床侧防护帘或床侧防护屏 1 件
6	个人防护用品	5.0	新增铅橡胶围裙 5 套、铅橡胶颈套 5 套、铅防护眼镜 4 副、铅橡胶帽子 4 个、介入防护手套 4 副等
7	其他	8.5	工作状态指示灯、警告标志、门-机联锁、通风等
合计		58	—

### 三废的治理（三废治理的设施、方案、预期效果；有废旧放射源的给出处理方案）

本项目 DSA 采用计算机图像存储管理系统，电脑成像，使用电子胶片存贮、激光出片，不使用显影液和定影液，因此不产生废显影液、废定影液和废胶片。

本项目主要污染因子为 DSA 使用过程中产生的 X 射线，DSA 运行过程中无其他放射性废气、废水、固体废物产生。DSA 运行过程中产生的 X 射线会使空气中的氧气发生电离继而产生少量 O<sub>3</sub>、NO<sub>x</sub> 等非放射性气体，通过第四手术室排风系统及时引至楼外排入大气环境，O<sub>3</sub> 在常温常压下稳定性较差，可自行分解为氧气，对环境影响较小。

表 11 环境影响分析

### 建设阶段对环境的影响

本项目建设内容主要为第四手术室内进行装修及设备安装等，具体为：（1）第四手术室开展辐射防护设施施工；（2）在第四手术室内安装血管造影机及配套设施；（3）清理现场等。建设施工过程无辐射环境影响。

本项目建设阶段产生的污染物主要包括施工扬尘、废水、固体废物及噪声。

施工期进行室内装修过程，会产生少量粉尘，但这些方面的影响仅局限在室内和施工现场附近区域，施工结束后即可消除影响。施工人员产生的少量生活污水依托医院现有排水系统，进入市政污水管网。施工期噪声来源于装修、设备安装等，该噪声间歇性排放且施工期较短，随施工的结束而终止。施工过程产生的少量建筑垃圾，运送政府指定的建筑垃圾消纳场处置，施工人员产生的少量生活垃圾集中收集，由城管委统一清运处理。

本项目建设阶段的环境影响是暂时性的，待施工结束后，受影响的环境因素可以恢复到现状水平。

### 运行阶段对环境的影响

DSA 运行期主要环境影响为工作时发射出的 X 射线在穿透屏蔽设施后对周围环境产生外照射。

#### 1.核技术利用项目概况

天津市宁河区中医医院拟在新院区门急诊住院综合楼（1#）二层新建 1 间第四手术室，并安装使用 1 台 Artis zee III ceiling 型血管造影机（最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA），用于医疗诊断及介入治疗。

#### 2.辐射环境影响分析

本项目 DSA 主要用于拍片和介入手术。医生在第四手术室内通过血管造影机引导对受检者进行介入手术，护师进行辅助。在进行介入手术时，穿铅橡胶围裙、佩戴铅防护眼镜、介入防护手套等防护用品，技师在控制室内进行隔室操作。

DSA 在拍片过程中涉及一种操作方式，在摄影模式下，技师在控制室进行造影拍片，此时仅受检者位于第四手术室内。

DSA 在介入手术治疗过程中涉及两种操作方式：一种是在摄影模式下，技师在控制室进行造影拍片，此时仅有受检者位于第四手术室内；另一种是在透视模式下，医师近

距离进行介入手术操作，设备主射束方向朝上，医师位于床侧第一术者位，护师位于第二术者位。

本次评价采用理论计算方法，估算 DSA 在典型工况下（摄影 125kV、250mA；透视 70kV、20mA）对周围环境的辐射影响。

## 2.1 预测模式

由工程分析可知，本项目使用 DSA 进行工作时，工作模式为摄影和透视两种方式。近台操作位辐射工作人员仅受透视模式影响，第四手术室外技师和公众受摄影和透视模式的叠加辐射影响。

本项目 DSA 工作时主射（有用线束）方向为从下向上，第四手术室楼上受到的照射以有用线束为主，其他方向受到的照射以散射和漏射束为主，漏射束影响较小。介入手术时，医师位于第一术者位，手部受到有用线束的照射，眼晶状体受到漏射束和散射束的影响；护师位于第二术者位，眼晶状体受到漏射束和散射束的影响。

本评价影响预测中，有用线束方向按照初级 X 射线考虑，其他方向按照散射 X 射线和漏射 X 射线进行考虑。漏射 X 射线、散射 X 射线保守按有用线束能量考虑。

### （1）有用线束

根据《辐射防护导论》和《辐射防护手册 第一分册》转换可得关注点处有用线束的周围剂量当量率计算公式如下：

$$\dot{H} = \frac{60 \times X_0 \cdot I \cdot f \cdot B}{R^2} \times N \dots\dots\dots (11-1)$$

式中：

$\dot{H}$ ：主射线在剂量关注点处造成的剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$X_0$ ：距 DSA 阳极靶 1m 处的发射率（ $\text{mGy} \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ），查阅 ICRP33.P55.图 2；

$I$ ：X 射线机在最高管电压下的常用最大电流，mA；

$f$ ：空气的照射量与吸收剂量之间的转换因子，此处  $f=1 \times 10^3$ （ $\mu\text{Sv/mGy}$ ）；

$N$ ：对有用束为 1，对泄漏辐射为泄漏辐射比率；

$B$ ：X 射线穿过屏蔽物质的衰减系数，由《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）附录 C.1 公式计算，具体如下：

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

$\alpha$ ：铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

$\beta$ : 铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数;

$\gamma$ : 铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数;

$X$ : 铅厚度, mm;

$R$ : 剂量关注点与 X 射线机靶的距离, m;

(2) 漏射

本项目 DSA 除有用线束方向外, 其他方向均需考虑泄漏辐射影响。

根据设备厂家提供资料, 本项目 X 射线的泄漏量 $\leq 0.1\%$ , 因此本项目按 $\leq 0.1\%$ 估算其泄漏方向的周围剂量率。按公式 (11-1)、(11-2) 进行计算, N, 泄漏辐射为泄漏辐射比率, 本项目取 0.1%。

(3) 散射

根据《辐射防护手册 第一分册》, 关注点处散射 X 射线的辐射剂量当量采用反照率法估算:

$$\dot{H}_S = \frac{60 \times \dot{X}_0 \cdot I \cdot f \cdot B \cdot \alpha \cdot S}{R_1^2 \cdot R_2^2} \dots\dots\dots (11-3)$$

$\dot{H}_S$ : 散射线在剂量关注点处造成的周围剂量当量率,  $\mu\text{Sv/h}$ ;

$\alpha$ : 散射因子, 受照物体对入射 X 射线的散射比,  $\alpha = a/400$ , 其中 a 是相对于  $400\text{cm}^2$  散射面积的受照物体对入射 X 射线的散射比, 保守取 0.0015 ( $90^\circ$  散射角),  $\alpha$  取  $3.75 \times 10^{-6}$ ;

$S$ : 散射面积,  $\text{cm}^2$ , 此处取  $225\text{cm}^2$ ;

$R_1$ : 血管造影机靶与受照体的距离, m, 此处取 0.5m;

$R_2$ : 受照体与剂量关注点的距离, m;

其余参数意义与公式 (11-1)、(11-2) 相应参数相同。

(4) 年有效剂量估算

$$H = \dot{H} \times t \times T \times 10^{-3} \dots\dots\dots (11-4)$$

$\dot{H}$ : 主射线、散射线在剂量关注点处造成的周围剂量当量率,  $\mu\text{Sv/h}$ ;

$H$ : 主射线在剂量关注点处造成的年剂量当量,  $\text{mSv/a}$ ;

$t$ : 年出束时间, h/a;

$T$ : 居留因子, 不同场所与环境条件下的居留因子取值如下表。

表 11-1 不同场所与环境条件下的居留因子

场所	居留因子 T	示例
全居留	1	控制室、暗室、办公室、邻近建筑物中的驻留区

部分居留	1/2~1/5	走廊、休息室、杂物间
偶然居留	1/8~1/40	厕所、楼梯、人行道

10<sup>-3</sup>: μSv 转换为 mSv 的剂量转换系数。

(5) 医师手部皮肤吸收剂量计算

介入手术时, 医师(第一术者位)在手术床边上进行操作, 需穿铅橡胶围裙、铅橡胶颈套, 佩戴铅防护眼镜、介入防护手套等防护用品, 但是仍然有部分皮肤暴露在射线下受到照射, 在手术过程中, 医师手部距离射线源最近, 故以腕部剂量估算结果核算医师手部皮肤照射年剂量。根据《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》(GBZ/T 244-2017)中的公式估算第四手术室内辐射工作人员皮肤年吸收剂量。估算公式如下:

$$D_S = C_{KS}(kt) \times 10^{-3} \dots\dots\dots (11-5)$$

式中:

D<sub>S</sub>—皮肤吸收剂量, mGy;

k—X、γ辐射场的空气比释动能率, μGy/h;

C<sub>KS</sub>—空气比释动能到皮肤吸收剂量的转化系数(Gy/Gy), 本项目取 1.12mGy/mGy;

t—人员累积受照时间, h;

10<sup>-3</sup>——微戈瑞转换为毫戈瑞的转换系数。

(6) 医师、护师眼晶状体吸收剂量计算

介入手术时, 医师(第一术者位)、护师(第二术者位)眼晶状体主要受到漏射和散射的影响。根据《电离辐射所致眼晶状体剂量估算方法》(GBZ/T 301-2017)中的公式估算医师、护师眼晶状体年吸收剂量, 估算公式如下:

$$D_L = C_{KL} \times k \times 10^{-3} \times t \dots\dots\dots (11-6)$$

式中:

D<sub>L</sub>—眼晶状体吸收剂量, mGy;

k—X、γ辐射场的空气比释动能率, μGy/h;

C<sub>KL</sub>—空气比释动能到眼晶状体吸收剂量的转化系数(Gy/Gy), 本项目取 1.51mGy/mGy;

t—人员累积受照时间, h;

10<sup>-3</sup>——微戈瑞转换为毫戈瑞的转换系数。

2.2 剂量关注点

根据 X 射线束的朝向和第四手术室外环境特征，选取剂量关注点。本项目选取近台操作位、第四手术室四周屏蔽墙体外 30cm 处（或防护门、铅玻璃等位置）、楼上距顶棚地面 100cm 处、楼下距楼下地面 170cm 处、评价范围内有代表性的辐射工作人员和公众居留处作为辐射剂量关注点。剂量关注点情况见图 11-1 和表 11-2。

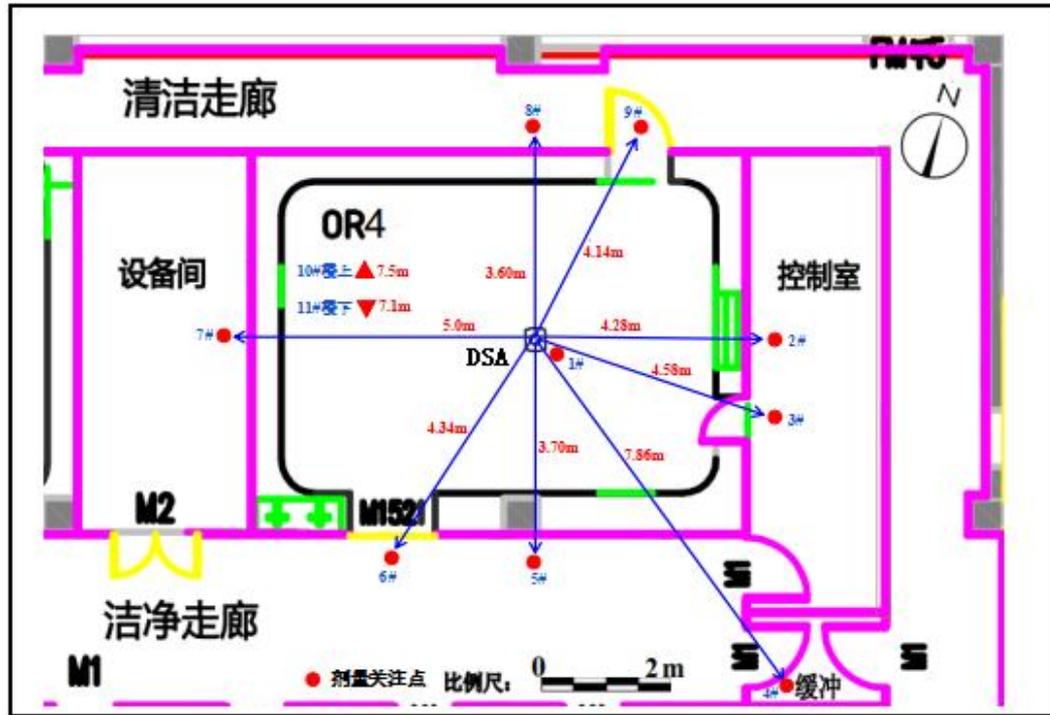


图 11-1 剂量关注点示意图

表 11-2 剂量关注点情况一览表

关注点序号	关注点位置	位置特征	人员性质
1#	近台操作位（第一术者位）	近台操作位	辐射工作人员（医师、护师）
	近台操作位（第二术者位）		
2#	第四手术室东侧观察窗外 30cm 处	控制室	辐射工作人员（技师）
3#	第四手术室东南侧防护门外 30cm 处	控制室	辐射工作人员（技师）
4#	第四手术室东南侧缓冲区	缓冲区	公众
5#	第四手术室南侧屏蔽墙体外 30cm 处	洁净走廊	公众
6#	第四手术室西南侧防护门外 30cm 处	洁净走廊	公众
7#	第四手术室西侧屏蔽墙体外 30cm 处	设备间	公众
8#	第四手术室北侧屏蔽墙体外 30cm 处	清洁走廊	公众
9#	第四手术室东北侧防护门外 30cm 处	清洁走廊	公众
10#	第四手术室楼上距顶棚地面 100cm 处	楼顶	公众
11#	第四手术室楼下距楼下地面 170cm 处	抢救室、护士站、急诊大厅	公众

### 2.3 预测参数

根据工程分析可知，本项目 DSA 拍片时，运行模式为摄影；用于介入手术时，运行

模式为摄影和透视两种方式。近台操作位手术人员仅受透视模式影响，第四手术室外工作人员和公众受摄影和透视模式的叠加辐射影响。

本项目血管造影机典型工况发射率见表 11-3。

表 11-3 血管造影机典型工况发射率

操作模式	最大管电压 (kV)	最大管电压下常用管电流 (mA)	靶点 1m 处的发射率 $X_0$ ( $mGy \cdot mA^{-1} \cdot min^{-1}$ )
摄影	125	250	3.2
透视	70	20	0.48

注：由过滤板厚度 (0.5mmCu) 及管电压，查 ICRP33.P56.图 2.可得靶点 1m 处的发射率由《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020) 附录 C 表 C.2 可知衰减系数的相关参数取值，见表 11-4。

表 11-4 铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关三个拟合参数

材质	管电压 kV	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
铅	70	5.369	23.49	0.5881
	125 (主束)	2.219	7.923	0.5386
	125 (散射)	2.233	7.888	0.7295

各关注点 X 射线辐射剂量计算所需的空間位置距离和屏蔽参数见表 11-5。

表 11-5 各关注点相关预测参数

关注点序号	关注点名称	射线类型	屏蔽材料与厚度	工作模式	X 射线能量 kV	居留因子 T
1#	近台操作位	散射、漏射	铅橡胶围裙、床侧防护帘、铅悬挂防护屏或铅防护帘 (1mm 铅当量)	透视	70	1
2#	第四手术室东侧观察窗外 30cm 处	散射、漏射	3mm 铅当量铅玻璃(3mm 铅当量)	摄影	125	1
				透视	70	
3#	第四手术室东南侧防护门外 30cm 处	散射、漏射	3mm 铅当量防护门(3mm 铅当量)	摄影	125	1
				透视	70	
4#	第四手术室东南侧缓冲区	散射、漏射	轻钢龙骨+3mm 铅板 (3mm 铅当量)	摄影	125	1/4
				透视	70	
5#	第四手术室南侧屏蔽墙体外 30cm 处	散射、漏射	轻钢龙骨+3mm 铅板 (3mm 铅当量)	摄影	125	1/4
				透视	70	
6#	第四手术室西南侧防护门外	散射、漏射	3mm 铅当量防护门(3mm 铅当量)	摄影	125	1/4
				透视	70	

	30cm 处								
7#	第四手术室西侧屏蔽墙体外 30cm 处	散射、漏射	轻钢龙骨+3mm 铅板 (3mm 铅当量)	摄影	125	1/4			
				透视	70				
8#	第四手术室北侧屏蔽墙体外 30cm 处	散射、漏射	轻钢龙骨+3mm 铅板 (3mm 铅当量)	摄影	125	1/4			
				透视	70				
9#	第四手术室东北侧防护门外 30cm 处	散射、漏射	3mm 铅当量防护门(3mm 铅当量)	摄影	125	1/4			
				透视	70				
10#	第四手术室楼上距顶棚地面 100cm 处	有用线束	120mm 混凝土+4mm 铅板+平板探测器防护层+人体散射层(约 7.5mm 铅当量)	摄影	125	/			
				透视	70				
11#	第四手术室楼下距楼下地面 170cm 处	散射、漏射	120mm 混凝土+2mm 铅板 (约 3.5mm 铅当量)	摄影	125	1			
				透视	70				
/	眼晶状体(第一术者位, 医师)	散射、漏射	铅防护眼镜 (0.5mmPb)	透视	70	1			
	眼晶状体(第二术者位, 护师)		铅悬挂防护屏或铅防护帘 (0.5mmPb)						
/	手部	有用线束	0.025mmPb 介入防护手套+人体散射层 (20cm 水层)	透视	70	1			

注：1、根据建设单位提供资料，近台操作位、控制室、楼下护士站等每天都有人员驻留，计算时居留因子取 1；西侧设备间、北侧清洁走廊、南侧洁净走廊、东南侧缓冲区等人员部分居留的地方，计算时居留因子取 1/4，第四手术室楼上为楼顶，无人员居留。

## 2.4 计算结果

### (1) 关注点处辐射剂量当量率

由公式 (11-1) ~ (11-3) 可计算得屏蔽边界外各关注点处的周围剂量当量率，辐射剂量率计算结果见表 11-6。

表 11-6 本项目典型工况下各剂量关注点处辐射剂量率计算结果

关注点序号	关注点名称	工作模式	射线类型	$X_0$	I	源或散射点距剂量关注点的距离 R		衰减系数 B	辐射剂量当量率 $\mu\text{Sv/h}$	
						$R_1$	$R_2$		计算值	叠加值
1#	近台操作位 (第一术者位, 医师)	透视	散射	0.48	20	0.5	0.5	2.83E-04	2.20	2.34
			漏射	0.48	20	1.1		2.83E-04	1.35E-01	
	近台操作位 (第二术者位, 护师)		散射	0.48	20	0.5	1.0	2.83E-04	5.51E-01	6.34E-01
			漏射	0.48	20	1.4		2.83E-04	8.33E-02	

2#	第四手术室 东侧观察窗 外 30cm 处	摄影	散射	3.2	250	0.5	4.28	1.56E-04	1.38	1.59
			漏射	3.2	250	4.30		7.97E-05	2.07E-01	
		透视	散射	0.48	20	0.5	4.28	5.79E-09	6.15E-07	7.95E-07
			漏射	0.48	20	4.30		5.79E-09	1.80E-07	
3#	第四手术室 东南侧防护 门外 30cm 处	摄影	散射	3.2	250	0.5	4.58	1.56E-04	1.21	1.39
			漏射	3.2	250	4.60		7.97E-05	1.81E-01	
		透视	散射	0.48	20	0.5	4.58	5.79E-09	5.37E-07	5.38E-07
			漏射	0.48	20	4.60		5.79E-09	1.58E-07	
4#	第四手术室 东南侧缓冲 区	摄影	散射	3.2	250	0.5	7.86	1.56E-04	4.10E-01	4.72E-01
			漏射	3.2	250	7.88		7.97E-05	6.16E-02	
		透视	散射	0.48	20	0.5	7.86	5.79E-09	1.82E-07	2.36E-07
			漏射	0.48	20	7.88		5.79E-09	5.37E-08	
5#	第四手术室 南侧屏蔽墙 体外 30cm 处	摄影	散射	3.2	250	0.5	3.70	1.56E-04	1.85	2.13
			漏射	3.2	250	3.72		7.97E-05	2.76E-01	
		透视	散射	0.48	20	0.5	3.70	5.79E-09	8.23E-07	1.06E-06
			漏射	0.48	20	3.72		5.79E-09	2.41E-07	
6#	第四手术室 西南侧防护 门外 30cm 处	摄影	散射	3.2	250	0.5	4.34	1.56E-04	1.35	1.55
			漏射	3.2	250	4.36		7.97E-05	2.01E-01	
		透视	散射	0.48	20	0.5	4.34	5.79E-09	5.98E-07	7.73E-07
			漏射	0.48	20	4.36		5.79E-09	1.76E-07	
7#	第四手术室 西侧屏蔽墙 体外 30cm 处	摄影	散射	3.2	250	0.5	5.0	1.56E-04	1.01	1.17
			漏射	3.2	250	5.02		7.97E-05	1.52E-01	
		透视	散射	0.48	20	0.5	5.0	5.79E-09	4.50E-07	5.83E-07
			漏射	0.48	20	5.02		5.79E-09	1.32E-07	
8#	第四手术室 北侧屏蔽墙 体外 30cm 处	摄影	散射	3.2	250	0.5	3.6	1.56E-04	1.96	2.25
			漏射	3.2	250	3.63		7.97E-05	2.90E-01	
		透视	散射	0.48	20	0.5	3.6	5.79E-09	8.69E-07	1.12E-06
			漏射	0.48	20	3.63		5.79E-09	2.53E-07	
9#	第四手术室 东北侧防护 门外 30cm 处	摄影	散射	3.2	250	0.5	4.14	1.56E-04	1.48	1.70
			漏射	3.2	250	4.16		7.97E-05	2.21E-01	
		透视	散射	0.48	20	0.5	4.14	5.79E-09	6.57E-07	8.50E-07
			漏射	0.48	20	4.16		5.79E-09	1.93E-07	
10#	第四手术室 楼上距顶棚 地面 100cm 处	摄影	有用 线束	3.2	250	7.50		3.52E-09	3.01E-03	
		透视	0.48	20	1.86E-19			1.91E-15		
11#	第四手术室 楼下距楼下 地面 170cm 处	摄影	散射	3.2	250	0.5	7.1	5.10E-05	1.64E-01	1.88E-01
			漏射	3.2	250	7.12		2.58E-05	2.44E-02	
		透视	散射	0.48	20	0.5	7.1	3.95E-10	1.52E-08	1.97E-08
			漏射	0.48	20	7.12		3.95E-10	4.49E-09	

由上表可知，典型工况下本项目 DSA 的近台操作位第一术者位（医师）的周围剂量当量率为 2.34 $\mu$ Sv/h，第二术者位（护师）的周围剂量当量率为 0.634 $\mu$ Sv/h。

典型工况下本项目第四手术室周围各关注点周围剂量当量率最大值为 2.25 $\mu$ Sv/h，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中周围剂量当量率应不大于 2.5 $\mu$ Sv/h 的要求。

(2) 评价范围内辐射剂量率的叠加

本次评价考虑评价范围内涉及已许可的其他核技术利用项目对本项目关注处的辐射环境的叠加影响。根据建设单位提供的资料及现场踏勘，本项目 50m 评价范围内涉及的已许可的其他核技术应用包括门急诊住院综合楼（1#）一层 DR 室、CT2 室、钼靶室。

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）标准要求：CT 机、乳腺摄影、乳腺 CBCT、口内牙片摄影、牙科全景摄影、牙科全景头颅摄影、口腔 CBCT 和全身骨密度仪机房外的周围剂量当量率应不大于 2.5 $\mu$ Sv/h；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 25 $\mu$ Sv/h。

本项目评价范围内涉及的射线装置见表 11-7。

表 11-7 本项目评价范围内涉及的其他已许可核技术利用项目

序号	装置名称	规格型号	类别	工作场所	机房外周围剂量当量率（ $\mu$ Sv/h）
1	医用诊断 X 射线透视摄影机系统	DX761B	III类	一层医学影像科 DR 室	$\leq 25$
2	X 射线计算机断层摄影装置	Uct528	III类	一层医学影像科 CT2 室	$\leq 2.5$
3	数字乳腺 X 射线摄影系统	uMammo890 i	III类	一层医学影像科钼靶室	$\leq 2.5$

由于剂量率与距离的平方成反比，本项目以评价范围内涉及的其他核技术利用项目工作场所各机房边界外 0.3m 处的周围剂量当量率限值和各射线装置工作场所与本项目第四手术室最近距离计算各机房对本项目第四手术室周围辐射环境的影响，计算结果见表 11-8。

11-8 评价范围内其他射线装置对本项目第四手术室辐射环境影响预测结果

序号	射线装置	工作场所	与本项目第四手术室的最近距离（m）	周围剂量当量率（ $\mu$ Sv/h）	
				计算值	叠加值
1	医用诊断 X 射线透视摄影机系统	一层医学影像科 DR 室	21	5.67E-02	6.08E-02
2	X 射线计算机断层摄影装置	一层医学影像科 CT2 室	31	2.60E-03	
3	数字乳腺 X 射线摄影系统	一层医学影像科钼靶室	41	1.49E-03	

评价范围内其他核技术利用项目在关注点处的周围剂量当量率叠加预测结果见下表。

表 11-9 关注点处周围剂量当量率叠加预测结果

关注点序号	关注点名称	工作模式	其他核技术利用项目周围剂量当量率预测结果 $\mu\text{Sv/h}$	周围剂量当量率 $\mu\text{Sv/h}$	
				本项目	叠加值
1#	近台操作位（第一术者位，医师）	透视	6.08E-02	2.34	2.40
	近台操作位（第二术者位，护师）	透视	6.08E-02	6.34E-01	6.95E-01
2#	第四手术室东侧观察窗外 30cm 处	摄影	6.08E-02	1.59	1.65
		透视		7.95E-07	6.08E-02
3#	第四手术室东南侧防护门外 30cm 处	摄影	6.08E-02	1.39	1.45
		透视		5.38E-07	6.08E-02
4#	第四手术室东南侧缓冲区	摄影	6.08E-02	4.72E-01	5.33E-01
		透视		2.36E-07	6.08E-02
5#	第四手术室南侧屏蔽墙体外 30cm 处	摄影	6.08E-02	2.13	2.19
		透视		1.06E-06	6.08E-02
6#	第四手术室西南侧防护门外 30cm 处	摄影	6.08E-02	1.55	1.61
		透视		7.73E-07	6.08E-02
7#	第四手术室西侧屏蔽墙体外 30cm 处	摄影	6.08E-02	1.17	1.23
		透视		5.83E-07	6.08E-02
8#	第四手术室北侧屏蔽墙体外 30cm 处	摄影	6.08E-02	2.25	2.31
		透视		1.12E-06	6.08E-02
9#	第四手术室东北侧防护门外 30cm 处	摄影	6.08E-02	1.70E+00	1.76
		透视		8.50E-07	6.08E-02
10#	第四手术室楼上距顶棚地面 100cm 处	摄影	6.08E-02	3.01E-03	6.38E-02
		透视		1.91E-15	6.08E-02
11#	第四手术室楼下距楼下地面 170cm 处	摄影	6.08E-02	1.88E-01	2.49E-01
		透视		1.97E-08	6.08E-02

由上表可知，典型工况下本项目 DSA 的近台操作位第一术者位（医师）的周围剂量当量率为  $2.40\mu\text{Sv/h}$ ，第二术者位（护师）的周围剂量当量率为  $0.695\mu\text{Sv/h}$ 。

典型工况下本项目第四手术室周围各关注点周围剂量当量率最大为  $2.31\mu\text{Sv/h}$ ，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中的规定，即具有透视功能的 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  $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

### （3）人员年受照剂量

医院拟为本项目配备 10 名辐射工作人员（包括 6 名医师、2 名护师、2 名技师）。

DSA 全年累计出束时间为 87.5h（摄影 4.17h，透视 83.33h）。心内科、脑系科使用 DSA 累计出束时间分别为 52.22h（摄影 2.22h，透视 50h）和 35.28h（摄影 1.95h，透视

33.33h)。

根据劳动定员与工作量分析可知，心内科医师年最大受照时间为 25h（透视），护师年最大受照时间为 50h（透视），技师年最大受照时间为 52.22h（摄影 2.22h，透视 50h）；脑系科医师、护师年最大受照时间为 33.33h（透视），技师年最大受照时间为 35.28h（摄影 1.95h，透视 33.33h）。

本项目以受照时间较长的辐射工作人员年受照剂量说明辐射工作人员年受照剂量率，故本次评价以心内科护师、技师、脑系科医师受照时间计算辐射工作人员在各关注点处的年受照剂量。按照公式（11-4）计算辐射工作人员和公众在各关注点处的年受照剂量，结果见表 11-10。

表 11-10 剂量关注点处人员年受照剂量计算结果

关注点序号	关注点名称	工作模式	各场所周围剂量当量率叠加值 $\mu\text{Sv/h}$	年出束时间 h	年有效剂量 mSv/a		照射对象
					计算值	叠加值	
1#	近台操作位（第一术者位，医师）	透视	2.40	33.33	8.00E-02	8.00E-02	辐射工作人员（脑系科医师）
	近台操作位（第二术者位，护师）	透视	6.95E-01	50	3.47E-02	3.47E-02	辐射工作人员（心内科护师）
2#	第四手术室东侧观察窗外 30cm 处	摄影	1.65	2.22	3.66E-03	6.70E-03	辐射工作人员（心内科技师）
		透视	6.08E-02	50	3.04E-03		
3#	第四手术室东南侧防护门外 30cm 处	摄影	1.45	2.22	3.22E-03	6.26E-03	辐射工作人员（心内科技师）
		透视	6.08E-02	50	3.04E-03		
4#	第四手术室东南侧缓冲区	摄影	5.33E-01	4.17	5.55E-04	1.82E-03	公众
		透视	6.08E-02	83.33	1.27E-03		
5#	第四手术室南侧屏蔽墙体外 30cm 处	摄影	2.19	4.17	2.28E-03	3.55E-03	公众
		透视	6.08E-02	83.33	1.27E-03		
6#	第四手术室西南侧防护门外 30cm 处	摄影	1.61	4.17	1.68E-03	2.95E-03	公众
		透视	6.08E-02	83.33	1.27E-03		
7#	第四手术室西侧屏蔽墙体外 30cm 处	摄影	1.23	4.17	1.28E-03	2.55E-03	公众
		透视	6.08E-02	83.33	1.27E-03		
8#	第四手术室北侧屏蔽墙体外 30cm 处	摄影	2.31	4.17	2.41E-03	3.68E-03	公众
		透视	6.08E-02	83.33	1.27E-03		
9#	第四手术室东北侧防护门外 30cm 处	摄影	1.76	4.17	1.84E-03	3.10E-03	公众
		透视	6.08E-02	83.33	1.27E-03		

11#	第四手术室楼下距楼下地面 170cm 处	摄影	2.49E-01	4.17	1.04E-03	6.10E-03	公众
		透视	6.08E-02	83.33	5.07E-03		

由上表个人年受照剂量计算结果可知，本项目血管造影机运行后，辐射工作人员年受照剂量最大值为  $8.00 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ ，公众人员年受照剂量最大为  $6.10 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ 。辐射工作人员和公众人员年受照剂量均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于“剂量限值”的要求和本报告提出的辐射工作人员辐射剂量约束值  $2 \text{mSv/a}$  和公众人员辐射剂量约束值  $0.1 \text{mSv/a}$ 。

## 2.5 医师、护师手部皮肤和眼晶状体年受照剂量

开展介入手术时，透视模式下，医师佩戴介入防护手套（ $0.025 \text{mm}$  铅当量）站立于铅屏（ $0.5 \text{mm}$  铅当量）后面通过导管或器械进行操作，手部主要受到有用线束、漏射束和散射束的照射影响。

有用线束穿透碳纤维扫描床（不考虑其屏蔽）、人体（按  $20 \text{cm}$  水层考虑）及防护手套（ $0.025 \text{mm}$  铅当量），漏射束和散射束穿透铅屏（ $0.5 \text{mm}$  铅当量）和防护手套（ $0.025 \text{mm}$  铅当量）对医师手部产生照射。

医师、护师佩戴铅防护眼镜（ $0.5 \text{mm}$  铅当量）或位于铅悬挂防护屏后（ $0.5 \text{mm}$  铅当量），医师、护师的眼晶状体受到漏射束和散射束照射。

从《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ/T 244-2017）中表 A.4、A.5 可查出  $70 \text{kV}$  射线能量的空气比释动能到皮肤吸收剂量的转换系数为  $0.670 \sim 1.120 \text{mGy/mGy}$ （保守按最大计算）。从《电离辐射所致眼晶状体剂量估算方法》（GBZ/T 301-2017）表 A.4 可查出空气比释动能到眼晶状体吸收剂量的转换系数为  $0.167 \sim 1.51 \text{mGy/mGy}$ （保守按最大计算）。

根据《辐射安全手册》（潘自强编）图 6.4 可查， $70 \text{kV}$  X 射线对应的水的什值层厚度为  $17 \text{cm}$ 。

透视模式下按（式 11-1~式 11-6）计算本项目医师、护师手部皮肤和眼晶状体年吸收剂量，计算结果见表 11-11。

表 11-11 医师、护师手部皮肤和眼晶状体年吸收剂量

部位名称	工作模式	射线类型	源或散射点与关注部位的距离 R (m)		衰减系数 B	空气比释动能率 ( $\mu\text{Gy/h}$ )	转换系数	年最大受照时间 (h)	年吸收剂量 (mGy/a)	合计 (mGy/a)
			R1	R2						
医师手部	透视	有用线束	1.0		$3.58 \times 10^{-2}$	5155.2	1.12	33.33	192	192.55

医师 手部	透视	散射	0.5	1.0	$4.55 \times 10^{-3}$	8.85	1.12	33.33	0.55	
		漏射	1.12		$4.55 \times 10^{-3}$	2.09	1.12			
医师 眼晶 状体	透视	散射	0.5	1.3	$5.34 \times 10^{-3}$	6.15	1.51	33.33	0.39	0.39
		漏射	1.39		$5.34 \times 10^{-3}$	1.59				
护师 眼晶 状体	透视	散射	0.5	1.6	$5.34 \times 10^{-3}$	4.06	1.51	50	0.39	0.39
		漏射	1.68		$5.34 \times 10^{-3}$	1.09				

由上表可知，医师手部皮肤吸收剂量为 192.55mGy/a，医师和护师的眼晶状体吸收剂量均为 0.39mGy/a。经换算手部皮肤年当量剂量为 192.55mSv/a，医师和护师的眼晶状体年当量剂量为 0.39mSv/a（当辐射权重因子为 1 时，1mSv=1mGy），均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量的限值要求（500mSv）和关于眼晶体的年当量剂量的限值要求（150mSv）。

## 2.6 设备极限工作状态下周围辐射环境影响分析

根据介入手术临床实际操作可知，透视模式下 DSA 的剂量较小，而摄影模式下剂量较高。从安全的角度考虑，本次选取第四手术室屏蔽墙外 0.3m 处（或防护门、铅玻璃等位置）、楼上、楼下与第四手术室紧邻的有代表性的辐射工作人员和公众居留处作为剂量关注点，保守估算摄影模式最大工况条件下关注点的周围剂量当量率。

DSA 正常运行情况下仅使用典型工况，不会达到最大工况。

### 2.6.1 预测模式

最大工况下的预测模式与典型工况相同。

其中 $X_0$ —距血管造影机阳极靶 1m 处的发射率（ $\text{mGy} \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ）的取值如下：本项目 DSA 射线管固有滤过按照 0.5mm 铜计算，通过查阅 ICRP33.P55.图 2，125kV 管电压下，血管造影机阳极靶 1m 处的发射率为  $3.2 \text{mGy} \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ；100kV 管电压，血管造影机阳极靶 1m 处的发射率为  $1.7 \text{mGy} \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

### 2.6.2 预测参数

DSA 设备的额定功率为 100kW。DSA 系统具有自动控制调节照射量的功能，摄影模式下，可以到达的最大工况有两种情形：（1）额定功率下达到最大管电压（125kV）；（2）额定功率下达到最大管电流（1000mA）。

本项目 DSA 在摄影模式最大工况下的发射率见下表。

表 11-12 DSA 在摄影模式最大工况下的发射率

最大工况	管电压 (kV)	管电流 (mA)	靶点 1m 处的发射率 (mGy·mA <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )
第一种	最大管电压 125kV	最大管电压下能达到的 最大管电流为 800mA	3.2
第二种	最大管电流下能达到的 最大管电压 100kV	最大管电流 1000mA	1.7

由《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)附录 C 表 C.2 可知,最大工况下衰减系数的相关参数取值见下表。

表 11-13 最大工况下铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关三个拟合参数

管电压 kV	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
125 (主束)	2.219	7.923	0.5386
125 (散射)	2.233	7.888	0.7295
100 (主束)	2.500	15.28	0.7557
100 (散射)	2.507	15.33	0.9124

### 2.6.3 预测结果

最大工况下,第四手术室屏蔽防护措施、源或散射点与剂量关注点的距离 R (m) 与典型工况相同。按照上述预测模式,计算两种工况情形可得(计算过程不再逐一列出),摄影模式第四手术室周围外各关注点的周围剂量当量率在  $9.62 \times 10^{-3} \sim 7.19 \mu\text{Sv/h}$  范围内,满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)中的规定“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  $25 \mu\text{Sv/h}$ ”。

考虑到特殊病人或特殊手术条件下,设备运行工况可能接近最大工况,保守估计最多占全年使用量的 1%,环境影响较小,对辐射工作人员和公众的年受照剂量附加值较小,不再进行叠加计算。

### 3.大气环境影响分析

本项目第四手术室拟采用动力通风换气系统,风量不低于  $800 \text{m}^3/\text{h}$ ,送风口和回风口均位于吊顶内,DSA 运行时产生的  $\text{O}_3$  和  $\text{NO}_x$  通过第四手术室通风管道排至室外。本项目产生的  $\text{O}_3$  和  $\text{NO}_x$  气体量很少,在排风系统正常运行时,产生的  $\text{O}_3$  和  $\text{NO}_x$  气体不会对环境产生显著影响。

### 事故影响分析

#### 1.可能发生的辐射事故

本项目使用 DSA 属于 II 类射线装置,可能发生的事故工况主要有以下几种:

- (1) 控制系统或电器系统发生故障,造成人员受到超剂量照射。

(2) 摄影前，第四手术室内的人员尚未退出，控制室技师启动设备出束，致使无关人员受到误照射。

(3) 医师、护师、受检者进行介入手术治疗时，未落实个人辐射防护措施受到超剂量照射。

(4) 工作状态下，防护门未关闭或突然被打开，对附近经过或停留人员造成一定量的散射和漏射 X 射线照射。

(5) 第四手术室屏蔽结构损坏，射线装置出束，致使 X 射线泄漏到第四手术室外，给周围的辐射工作人员和公众造成不必要照射。

## **2.防范措施**

为了杜绝事故发生，医院拟在第四手术室设置门灯连锁装置、紧急停机按钮等安全设施及其他各项辐射防护措施，拟制定详细的安全管理制度和操作规程，并加强介入手术人员的安全教育和培训，严格按照操作规程进行放射诊断和介入治疗，确保安全。具体如下：

(1) 加强辐射工作人员的辐射安全知识和操作培训，增强安全意识。

(2) 建立健全相关规章制度，运行中严格执行操作规程和各项安全注意事项。

(3) 重视对个人剂量的监测和工作场所的监测，及时发现可能存在的泄漏和超剂量辐射事故，按照规定使用个人剂量报警仪。

(4) 定期检查场所辐射安全防护设施是否正常。

(5) 医师、护师进行介入手术治疗时，严格落实个人辐射防护措施，穿戴个人防护用品，防止超剂量照射。

(6) 加强技术培训，提高辐射工作人员的辐射安全文化素养和专业技术水平。结合诊疗项目实际情况优化曝光参数，并达到技术熟练、动作迅速，以尽量缩短曝光出束时间，使照射时间最小化。同时，对每次开机时间及参数进行记录，并为受检者穿戴相应的个人防护用品。

## **3.应急处置措施**

根据《关于建立放射性同位素与射线装置事故分级处理和报告制度的通知》，该项目所使用的射线装置可能发生的事故是指射线装置失控导致人员受到超剂量照射。本项目辐射事故应急措施主要包括以下几个方面：

(1) 切断电源，确保血管造影机停止工作；

(2) 现场人员拟迅速撤离至安全区域，保护现场，通知辐射安全与环境保护管理领导小组和应急小组；

(3) 辐射安全与环境保护管理领导小组接到辐射事故报告后，立即启动《辐射事故应急预案》，立即派人赶赴现场，进行现场调查，采取有效措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境主管部门和公安部门报告。应急小组对受照情况作出初步判断，造成或可能造成人员超剂量照射的，立即采取暂时隔离和应急救援措施，并同时向当地卫生行政主管部门报告；

(4) 辐射事故发生后，立即将可能受到辐射伤害的人员送至当地卫生行政主管部门指定的医院或者有条件救治辐射损伤病患的医院进行检查和治疗，或者请求医院立即派人赶赴事故现场，采取救治措施。

(5) 医院积极配合生态环境主管部门及卫生行政主管部门调查事故原因，并做好后续工作。

(6) 事故未解决，现场未达到安全状态，不得解除封锁，将事故的后果和影响控制在最低限度。出现故障的装置经专业技术人员维修（人员须持有核技术利用辐射安全与防护考核合格证书，并保证在有效期内），经有资质的检测机构对其进行监测，合格后方可启用，达不到要求不得投入使用。

(7) 医院拟对辐射事故的起因、性质、影响、责任等问题进行调查评估，做出整改，总结经验教训。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

1.辐射安全与环境保护管理领导小组建立

天津市宁河区中医医院根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关法律、法规的要求已成立辐射安全与环境保护管理领导小组，负责全院辐射安全与环境保护管理工作，由医院法人李东柏担任本医院辐射工作安全第一责任人，对辐射安全工作负总责。辐射安全与环境保护管理小组成员见下表。

表 12-1 辐射安全与环境保护管理领导小组成员

序号	管理人员性质	姓名	性别	专/兼职	主要职责
1	负责人	李东柏	男	专职	第一责任人，监管医院辐射安全管理及执行情况，对医院核技术利用项目负总责。
2	辐射防护负责人	赵国庆	男	专职	负责医院核技术利用项目的辐射安全防护工作的指导、监督、检查和管理。
3	成员	徐光	男	专职	安全管理人员，负责收集、整理、分析医院辐射防护的有关资料，及时制定并采取防护措施，负责制定射线装置操作维护规程，督促各有关部门采取有效的防护措施、合理使用个人防护用品，并对辐射工作人员建立健康档案，负责辐射防护的培训、咨询及技术指导。

一、管理机构的主要职责及要求

(1) 辐射安全和防护管理机构应明确规定成员的管理职责和工作程序。

(2) 管理机构的职责范围应覆盖所有与辐射安全和防护有关的活动，负责制定各项辐射安全和防护管理制度。

(3) 管理机构应对本单位的法人负责，在贯彻执行辐射安全和防护管理制度过程中具有充分的监督权和核查权，相关部门及个人应予以配合。

二、第一责任人主要职责

医院法人为辐射安全工作“第一责任人”，对辐射安全工作负总责，负责全医院射线装置的辐射安全防护工作的指导、监督、检查和管理。

三、辐射防护负责人主要职责

(1) 负责辐射安全和防护机构及人员的监督和管理。

(2) 负责辐射安全和防护管理制度的贯彻实施。

(3) 组织本单位相关部门及人员开展辐射应急行动。

(4) 组织对本单位的辐射安全和防护状况进行评估。

#### 四、辐射防护成员主要职责

- (1) 定期组织对 DSA、DSA 手术间的安全状况进行检查并记录。
- (2) 组织开展相关辐射监测，并负责监测数据的记录及管理。
- (3) 组织开展个人剂量监测，负责辐射监测仪的维护、检定及比对。
- (4) 负责辐射防护用品与应急物资的管理及发放。
- (5) 参与本公司的辐射应急行动，控制应急人员的受照剂量。
- (6) 负责对辐射工作人员进行辐射防护知识和辐射监测仪操作技能的培训。

#### 五、介入操作人员岗位职责

- (1) 遵守辐射安全和防护制度、执行介入操作的相关规程。
- (2) 正确佩戴个人剂量计和剂量报警仪，熟练使用便携式剂量率仪。
- (3) 负责介入前后对射线装置进行安全检查，介入过程中对介入场所进行安全检。
- (4) 在介入诊疗时采取合理的防护措施减少人员受照射量。
- (5) 发现辐射安全隐患及时向辐射防护责任人报告。

#### 2.辐射工作人员持证情况

从事辐射安全与环境保护管理工作的人员和直接从事辐射工作的人员，必须参加核技术利用辐射安全与防护考核，取得考核合格证书，考核不合格者不得上岗。医院辐射防护负责人已参加核技术利用辐射安全与防护考核，并取得考核合格证书，本项目 DSA 拟新增 10 名辐射工作人员，拟组织本项目新增的辐射工作人员及辐射防护负责人参加核技术利用辐射安全与防护考核，考核专业为医用 X 射线诊断与介入放射学，并通过考核，取得考核合格证书。

#### 辐射安全管理规章制度

按照《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《中国核与辐射安全管理体系现场监督检查和执法程序》（2020 版）相关要求，医院已建立射线装置使用、操作及管理等相关制度，制度包括：

- (1) 《操作规程》；
- (2) 《岗位职责》；

- (3) 《放射防护设施和措施管理制度》；
- (4) 《培训计划》；
- (5) 《设备维护维修制度》；
- (6) 《辐射工作场所监测方案》；
- (7) 《放射诊断质量保证大纲》；
- (8) 《保护受检者放射防护制度》；
- (9) 《放射工作人员放射防护管理制度》；
- (10) 《个人剂量管理制度》；
- (11) 《辐射事故应急预案》。

现有辐射安全管理从操作人员岗位责任、辐射防护和安全保卫、设备检修、放射设备的使用等方面分别作出明确要求和规定，能够很好地保障辐射工作人员和公众的健康与安全，同时保护生态环境。现有辐射安全管理规章制度有效落实，运行以来医院无辐射事故发生。

本项目建成后医院将完善上述规章制度，增加 DSA 操作规程，在现有辐射安全管理制度基础上结合实际情况和最新的法律法规对相关制度进行更新完善，使其满足本项目辐射安全管理的要求，确保辐射防护工作按照规章制度进行，具有较强的针对性和可操作性。

## 辐射监测

### 1.个人剂量监测

为了确保辐射工作人员的身体健康，需要加强对辐射工作人员的个人剂量监测和职业健康管理。医院已指定专人负责个人剂量计收发、送检管理工作，现有工作人员已配备个人剂量计。医院拟为本项目新增辐射工作人员配备个人剂量计，同时根据实际工作情况为辐射工作人员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）。工作场所配备个人剂量报警仪。个人剂量计应定期送交有资质的检测部门进行检测，并建立个人剂量监测档案，个人剂量监测常规监测周期一般为 1 个月，最长不超过 3 个月。当发现个人剂量监测结果异常时，除记录个人监测的剂量结果外，及时作进一步调查并及时上报。

### 2.工作场所及环境监测

## 2.1 自行监测

医院拟依法开展第四手术室及周围环境的自行监测，利用医院配置的便携式X- $\gamma$ 剂量率仪，定期对辐射工作场所开展一次自行监测，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处，并对监测结果进行记录，妥善保存。测量值应当与参考控制水平进行比较，当测量值高于参考控制水平时，应终止辐射工作并向辐射防护负责人报告。便携式X- $\gamma$ 剂量率仪拟定期送有资质部门进行检定。

按照《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）、《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）执行。监测方案如下。

表 12-2 工作场所例行监测方案

监测项目	点位布设	监测频次
周围剂量当量率	第四手术室四侧屏蔽墙体外、防护门外、观察窗表面30cm处、第四手术室地面下方（楼下）距楼下地面170cm处、管线洞口、辐射工作人员操作位处、评价范围内有代表性环境保护目标处	1次/月

## 2.2 委托监测

医院拟每年委托有资质的检测单位对第四手术室及周围环境辐射水平进行一次辐射防护年度监测，出具监测报告，妥善保存。

### （1）监测项目

周围剂量当量率。

### （2）监测条件

开机条件下。

### （3）监测设备及方法

①监测设备：X- $\gamma$ 剂量率仪；

②监测方法：按照《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）、《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）执行。监测方案见下表。

表 12-3 工作场所年度监测方案

监测项目	点位布设	监测频次
周围剂量当量率	第四手术室四侧屏蔽墙体外、防护门外、观察窗表面30cm处、第四手术室地面下方（楼下）距楼下地面170cm处、管线洞口、辐射工作人员操作位处、评价范围内有代表性环境保护目标处	1次/年

### 2.3.验收监测

医院在重新申领辐射安全许可证后，须委托有检测资质的机构对本项目开展竣工环保验收监测，并出具监测报告，妥善保存。验收期限一般不超过3个月，需要对环境保护设施进行调试或者整改的，验收期限可以适当延期，但最长不超过12个月。

#### (1) 监测项目

环境 $\gamma$ 辐射剂量率、周围剂量当量率。

#### (2) 监测条件

关机、开机条件下。

#### (3) 监测设备及方法

①监测设备：X- $\gamma$ 剂量率仪；

②监测方法：按照《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）、《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）执行。监测方案见下表。

表 12-4 工作场所验收监测方案

监测项目	监测条件	点位布设
环境 $\gamma$ 辐射剂量率	关机条件	第四手术室四侧屏蔽墙体外、防护门外、观察窗表面30cm处、第四手术室地面下方（楼下）距楼下地面170cm处、管线洞口、辐射工作人员操作位处、评价范围内有代表性环境保护目标处
周围剂量当量率	开机条件	

### 3.质量保证措施

医院拟完善现有《放射性质量保证大纲和质量控制计划》，包含图像质量控制措施、医护人员和受检者质量控制措施、质量控制检测计划。通过对DSA的性能检测、维护和对X射线影像形成过程的监测和校正行动，以保证影像质量。通过对DSA剂量控制，以减少医护人员和受检者的受照剂量，有效保证人员安全。

#### 3.1 图像质量控制措施

(1) 定期由设备厂家工程师进行DSA设备维护保养，对剂量进行检测，对图像质量进行校准。

(2) 实际操作中在确保能够看清图像、不影响介入治疗、能够正常操作的前提下，减少曝光量，降低射线能量。

#### 3.2 医护人员和受检者受照剂量控制措施

医院拟制定介入手术设备的质量控制检测计划，设置质量控制检测记录，定期委托有相应技术服务资质的机构对其进行设备质量控制检测。

(1) 加强对手术工作人员的培训，参与手术的工作人员须技术熟练、动作迅速，以尽量缩短透视和减影时间，使照射时间最小化。

(2) 在保证影像清晰、不影响介入治疗、能够正常操作的前提下，优化工作参数，以减少医护人员和受检者受照剂量。

(3) 设备厂家对 DSA 设备设定低剂量模式。医护人员根据受检者的具体情况（性别、体重、年龄等）选择相应的模式（儿童及多挡体重模式）进行介入操作。

(4) 对于受检者病变严重的情况，医护人员采取优先处理病变严重的方法，分次进行介入手术，减少受检者单次的受照剂量。

(5) 当受检者累积皮肤表面入射剂量达到设定阈值时，DSA 操作台控制面板数值变红，DSA 自动语音报警。同时设定每台介入手术受检者剂量面积值的最大值，可有效保证受检者的受照剂量。

## 辐射事故应急

### 1. 辐射事故应急机构设置及职责

为加强对射线装置的安全和防护的监督管理，促进核技术利用项目的安全应用，保障人体健康，保护环境，天津市宁河区中医医院已成立以法人为组长的辐射事故应急小组，并配备辐射防护、环境监测等应急物资，以提高辐射事故应急处置能力。

### 2. 辐射事故应急预案

医院已根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》的要求制定《辐射事故应急预案》，确定辐射安全应急领导小组的组成和职责，明确事故类型与应急响应程序，确定应急预案通讯联络方式，应急培训及应急演练计划等：

工作场所放置辐射事故应急处置规程（书），配备辐射剂量报警仪和个人防护用品。截至目前，医院辐射事故应急设施和管理制度运行良好，未发生过辐射事故。

若发生辐射事故或者发生可能引发辐射事故的运行故障时，立即启动医院的辐射事故应急预案，采取必要的应急防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向天津市人民政府环境保护主管部门报告。发生辐射事故的，同时向天津市生态环境局、公安部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，同时向卫生行政

部门报告。

本项目建设完成后医院拟对现有《辐射安全应急预案》进行修改完善，将本项目 DSA 装置纳入应急适用范围，按规定每年至少组织一次辐射事故处置应急演练和培训。

### 从事放射性活动能力分析

**1.与《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2006年1月18日国家环境保护总局令第31号公布，2021年1月4日生态环境部令第20号修改）的符合情况**

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、射线装置的单位申请领取许可证，应当具备相应条件。本项目从事辐射活动能力的评价见表 12-5。

表 12-5 从事辐射活动能力评价

《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》应具备条件	医院情况	是否符合
（一）使用 I 类、II 类、III 类放射源，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辐射安全与环境保护管理工作。	已成立辐射安全与环境保护管理机构，并指定专人全面负责医院辐射安全与环境保护管理工作。	符合
（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。	医院拟组织本项目辐射工作人员参加核技术利用辐射安全与防护考核，考核合格，持证上岗。	医院承诺落实后符合
（三）使用放射性同位素的单位应当有满足辐射防护和实体保卫要求的放射源暂存库或设备	本项目不涉及放射性核素	不涉及
（四）放射性同位素与射线装置使用场所所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	第四手术室四周墙体、屋顶、地面、防护门、观察窗拟采取辐射防护屏蔽设施，并按要求落实辐射防护和安全措施。	医院承诺落实后符合
（五）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。	医院已配备 X-γ 剂量率仪，拟为本项目新增个人剂量报警仪、个人剂量计、铅橡胶围裙、介入防护手套、铅防护眼镜等个人防护用品。	医院承诺落实后符合
（六）有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	已制定相关制度，本项目将对相关制度进行更新完善。	医院承诺落实后符合
（七）有完善的辐射事故应急措施。	已制定辐射事故应急预案，本项目拟对其进行完善	

<p>(八) 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；使用放射性同位素和射线装置开展诊断和治疗的单位，还应当配备质量控制检测设备，制定相应的质量保证大纲和质量控制检测计划，至少有一名医用物理人员负责质量保证与质量控制检测工作。</p>	<p>本项目运行过程中不产生放射性废气、废液、固体废物。医院已制定质量保证大纲和质量控制检测计划，本次拟对其进行完善。</p>	
--	---	--

在本项目实施后，天津市宁河区中医医院进一步加强辐射安全管理，严格执行《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》提出的有关要求。在落实各项辐射安全管理制度和辐射防护措施后，将具备重新申领辐射安全许可证的条件。

**2.与原环境保护部令第 18 号《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》符合情况**

《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》对拟使用射线装置和放射性同位素的单位提出了具体条件，本项目与《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》符合性分析情况见表 12-6。

表 12-6 与“放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法”要求对照情况

放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法	拟落实情况	符合情况
<p><b>第五条</b> 生产、销售、使用、贮存放射性同位素与射线装置的场所，应当按照国家有关规定设置明显的放射性标志，其入口处应当按照国家有关安全和防护标准的要求，设置安全和防护设施以及必要的防护安全联锁、报警装置或者工作信号。射线装置的生产调试和使用场所，应当具有防止误操作、防止工作人员和公众收到意外照射的安全措施。</p>	<p>防护门外拟设电离辐射警告标志和中文警示说明、工作状态指示灯，且工作状态指示灯与机房门联锁。射线装置控制台上、容易触及处及配电箱上均设置紧急停机按钮，防止人员受到意外照射。</p>	<p>承诺 落实后符合</p>
<p><b>第九条</b> 生产、销售、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，并对检测数据的真实性、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环境保护主管部门认定的环境监测机构进行监测。</p>	<p>承诺每年委托有资质单位对医院辐射工作场所进行辐射监测，并出具监测报告；已配备便携式 X-γ 剂量率仪，拟定期对辐射环境进行自行监测，做好记录，并妥善保存。</p>	
<p><b>第十二条</b> 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。</p>	<p>承诺依法对本单位的射线装置的安全和防护进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向生态主管部门提交年度评估报告。</p>	
<p><b>第十七条</b> 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照环境保护部审定的辐射安全培训和考试大纲，对直接从事生产、销售、使用活动的</p>	<p>医院防护负责人已参加辐射安全与防护考核，考核合格，并在有效期内。拟组织本项目新增辐射工作人员参加辐</p>	

操作人员以及辐射防护负责人进行辐射安全培训，并进行考核；考核不合格的不得上岗。	射安全与防护考核，考核合格后，持证上岗。拟在到期前及时进行再次考核。	
第二十三条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准，对本单位的辐射工作人员进行个人剂量监测，发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可发证机关。	医院拟为本项目新增辐射工作人员配备个人剂量计，并按照国家相关规定，委托有资质单位对个人剂量进行监测，建立个人健康档案。	

综上所述，天津市宁河区中医医院按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的要求采取辐射安全和防护管理措施，在落实各项措施后可满足管理办法的有关要求。

### 3.与核与辐射安全管理体系(第三层级)《数字减影血管造影X射线装置(DSA)监督检查技术程序》(NNSA/HQ-08-JD-IP-035)对照情况

医院已设置安全防护设施和辐射安全管理制度，本项目建成后拟完善相关制度，与《数字减影血管造影X射线装置(DSA)监督检查技术程序》(NNSA/HQ-08-JD-IP-035)对比结果见表12-7。

表12-7 与“数字减影血管造影X射线装置(DSA)监督检查技术程序”对照检查情况

数字减影血管造影X射线装置(DSA)监督检查技术程序检查内容		本医院情况	是否符合
辐射安全防护设施与运行	单独机房	拟设置	承诺落实后符合
	操作部位局部屏蔽防护设施	拟设置	
	医护人员的个人防护	拟设置	
	患者防护	拟设置	
	机房门窗防护	拟设置	
	闭门装置	拟设置	
	入口处电离辐射警告标志	拟设置	
	入口处机器工作状态显示	拟设置	
	其他	监测仪器	已配备
	个人剂量计	拟配备	承诺落实后符合
管理制度及执行情况	辐射安全与环境保护管理机构	已设置	符合
	操作规程	已制定，拟完善	承诺落实后符合
	辐射安全和防护设施的维护与维修制度(包括机构人员、维护维修内容与频度)	已制定，拟完善	
	场所及环境监测方案	已制定，拟完善	
	监测仪表使用管理制度	已制定，拟完善	
	辐射工作人员培训/再培训管理制度	已制定，拟完善	
	辐射工作人员个人剂量管理制度	已制定，拟完善	
辐射事故应急预案	已制定，拟完善		

综上所述，天津市宁河区中医医院在落实各项安全防护设施和辐射安全管理制度后可符合核与辐射安全管理体系（第三层级）《数字减影血管造影 X 射线装置（DSA）监督检查技术程序》（NNSA/HQ-08-JD-IP-035）的相关要求。

## 核技术应用项目环保手续履行

### 1. 环保手续流程

根据相关法律法规，核技术应用项目环保手续办理流程如图 12-1 所示，医院拟按流程履行完环保手续后，建设项目方可投入运行。

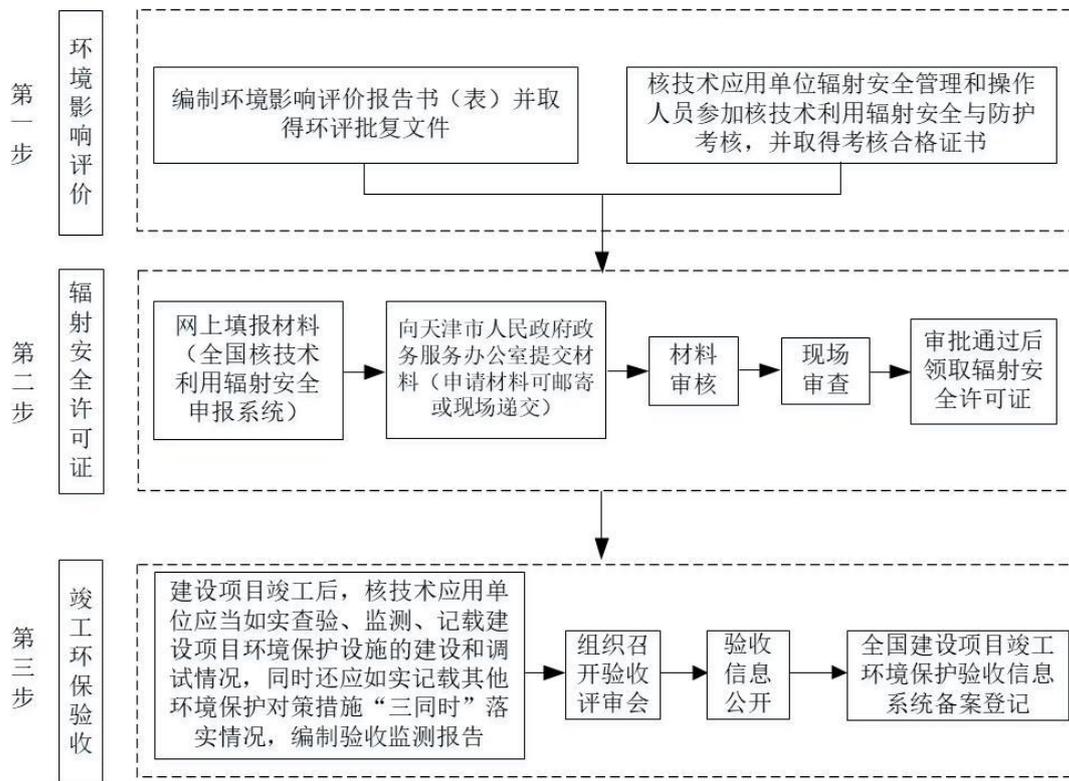


图 12-1 核技术应用项目环保手续办理流程图

### 2. 竣工环境保护验收

根据《国务院关于修改〈建设项目环境保护管理条例〉的决定》（中华人民共和国国务院令 第 682 号）第十七条：编制环境影响报告书、环境影响报告表的建设项目竣工后，建设单位应当按照国务院环境保护行政主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告。

验收办法参照《关于发布〈建设项目竣工环境保护验收暂行办法〉的公告》（国环规环评[2017]4 号）、《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ 1326-2023）。建设项目竣工后，建设单位应根据环评文件及审批意见进行自

主验收，向社会公开并向环保部门备案。其中，需要对建设项目配套建设的环境保护设施进行调试的，建设单位应当确保调试期间污染物排放符合国家和地方有关污染物排放标准和排污许可等相关管理规定。环境保护设施未与主体工程同时建成的，或者应当取得排污许可证但未取得的，建设单位不得对该建设项目环境保护设施进行调试。调试期间，建设单位应当对环境保护设施运行情况和建设项目对环境的影响进行监测。验收监测应当在确保主体工程调试工况稳定、环境保护设施运行正常的情况下进行，并如实记录监测时的实际工况。建设项目竣工验收通过后，方可正式投产运行。建设单位是建设项目竣工环境保护验收的责任主体。除需要取得排污许可证的水和大气污染防治设施外，其他环境保护设施的验收期限一般不超过3个月；需要对该类环境保护设施进行调试或者整改的，验收期限可以适当延期，但最长不超过12个月。建设项目竣工验收通过后，方可正式投产运行。

表 13 结论与建议

## 结论

### 1.项目概况

天津市宁河区中医医院是一家二级甲等中医医院，注册地址为天津市宁河区芦台镇新华道 30 号，新院址位于天津市宁河区桥北街白台道与绿荫西路交口。为全区人民的健康需求，满足患者诊断治疗的需要，天津市宁河区中医医院拟在新院址门急诊住院综合楼（1#）二层新建一间第四手术室，并安装使用 1 台 Artis Zee III ceiling 型血管造影机（最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA），用于医疗诊断和介入治疗。

### 2.实践的正当性

本项目实施后可以有效开展介入诊断治疗，满足受检者的需要，建立与地方经济发展相适应的中西医结合医疗环境，加强中医医院标准化管理。同时，本项目第四手术室采取的屏蔽防护措施、控制系统对受检者受照剂量控制满足医疗照射防护与安全最优化的有关规定。本项目实施可以提升医院的医疗水平和服务水平，造福周边受检者。在考虑社会、经济和其他有关因素之后，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，本项目的建设符合《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“实践的正当性”的要求。

### 3.选址及布局的合理性

本项目 DSA 拟安装在采取了屏蔽防护措施的第四手术室内。第四手术室独立、固定，与周围各房间隔明确，充分考虑了周围场所的防护与安全以及受检者就诊和临床应用的便利性，对辐射工作人员和公众的辐射影响较小。同时根据 DSA 出束方向可知，有用线束由下往上定向照射，照射方向避开了防护门、观察窗、管线口和技师操作位。第四手术室屏蔽墙外 50m 评价范围内无学校、居民区等环境敏感点。综上，本项目选址和布局基本合理。

### 4.辐射安全与防护分析结论

本项目第四手术室为独立机房且采取了辐射屏蔽防护措施，并拟设置相应的辐射安全与防护措施，如常断式脚踏开关、紧急停机按钮、对讲装置、门灯联锁、电离辐射警告标志及中文警示说明、工作状态指示灯、通风装置等。医院拟为辐

射工作人员及受检者配备铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套等防护用品，同时拟为辐射工作人员配备个人剂量计，工作场所拟配备个人剂量报警仪、便携式 X-γ剂量率仪，并承诺每年委托有资质单位对工作场所进行监测。

### **5.环境影响分析结论**

根据预测分析，在采取相应的辐射防护措施后，本项目第四手术室周围剂量当量率满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中的规定。

辐射工作人员受到的年有效剂量低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）规定的职业照射剂量限值 20mSv/a 和本报告提出的辐射工作人员辐射剂量约束值 2mSv/a，公众人员受到的年有效剂量低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）规定的公众照射剂量限值 1mSv/a 和本报告提出的公众人员年剂量约束值 0.1mSv/a。

### **6.辐射安全管理**

天津市宁河区中医医院已成立辐射安全管理机构，全面负责医院的辐射安全与环境保护管理。已制定一系列辐射安全管理规章制度，已制定辐射事故应急预案，本次拟补充完善。本项目新增辐射工作人员拟参加核技术利用辐射安全与防护考核，考核合格后，持证上岗。在落实各项辐射安全管理措施后能够有效控制辐射风险。

### **7.结论**

综上所述，在落实各项辐射安全和防护措施，加强环境管理的情况下，天津市宁河区中医医院将具备从事本项目相应辐射工作的技术能力和安全防护措施，其运行对周围环境和人员产生的辐射影响能够符合环境保护的要求。因此，从辐射环保保护角度论证，本项目的建设具有环境可行性。

## **建议和承诺**

### **1.建议**

（1）若设备出现异常，检修维护后，应对设备的防护性能和设备性能进行检测，检测合格后方可继续使用。

（2）医院应定期按法律法规的规定更新相关规章制度，严格执行操作规程，落实各项辐射安全和防护措施。

### **2.承诺**

(1) 完善各项规章制度，落实各项辐射安全和防护措施；配备与辐射工作相适应的监测仪器，落实监测计划；确保辐射工作人员通过核技术利用辐射安全与防护考核，持证上岗。

(2) 重新申领《辐射安全许可证》后方可开始试运行；建设项目竣工后，按照《建设项目环境保护管理条例》要求，对配套建设的环境保护设施进行验收。

## 附图和附件

- 附图 1 建设项目地理位置图
  - 附图 2 建设项目周边环境及评价范围图
  - 附图 3 医院总平面布局图
  - 附图 4 第四手术室平面布局
  - 附图 5 门急诊住院综合楼（1#）负一层平面布局图
  - 附图 6 门急诊住院综合楼（1#）一层平面布局图
  - 附图 7 门急诊住院综合楼（1#）二层平面布局图
  - 附图 8 辐射防护措施图
- 
- 附件 1 事业单位法人证书
  - 附件 2 医院新院址环评批复
  - 附件 3 现有辐射安全许可证
  - 附件 4 辐射环境本底检测报告
  - 附件 5 现有辐射工作人员个人剂量检测报告

表 14 审批

下一级环保部门预审意见：

公章

经办人

年 月 日

审批意见：

公章

经办人

年 月 日