

核技术利用建设项目  
新增及搬迁使用 II 类射线装置项目  
环境影响报告表



生态环境部监制

核技术利用建设项目  
新增及搬迁使用 II 类射线装置项目  
环境影响报告表

建设单位：北京航天总医院

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：北京市丰台区万源北路 7 号

邮政编码：100076

电子邮箱：15565185@qq.com



联系人：程梦

联系电话：18910347785

## 目 录

表 1 项目概况 .....	1
表 2 放射源 .....	10
表 3 非密封放射性物质 .....	11
表 4 射线装置 .....	12
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物） .....	13
表 6 评价依据 .....	14
表 7 保护目标与评价标准 .....	16
表 8 环境质量和辐射现状 .....	21
表 9 项目工程分析与源项 .....	27
表 10 辐射安全与防护 .....	31
表 11 环境影响分析 .....	39
表 12 辐射安全管理 .....	53
表 13 结论与建议 .....	57
表 14 审批 .....	59

**表 1 项目概况**

建设项目名称		新增及搬迁使用II类射线装置项目			
建设单位		北京航天总医院			
法人代表	戴天然	联系人	程梦	联系电话	18910347785
注册地址		北京市丰台区万源北路 7 号			
项目建设地点		北京市丰台区万源北路 7 号医院二号住院楼西侧影像中心二层			
立项审批部门		无		批准文号	无
建设项目总投资 (万元)	1200	项目环保投资 (万元)	120	投资比例(环保 投资/总投资)	10%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input checked="" type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它		占地面积 (m <sup>2</sup> )	62.99
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					

**1.1 单位概况**

北京航天总医院（简称“医院”）成立于 1958 年，是一所集医疗教学、科研、预防、职业病防治为一体的三级综合医院，承担着航天科技集团公司在京数万名员工的职业病防治、健康体检工作，肩负着大型飞行试验的医疗保障和广大航天员工、家属以及周边约百万居民的医疗保健任务。医院占地面积 49175.5 平方米，建筑面积 84476 平方米。截止 2023 年 6 月，医院现有在职员工 1559 人，其中医生 420 人，护士 697 人，医技人员 181 人。医院编制床位 900 张，设有临床、医技专业科室 44 个，胸外科、心内科、心脏大血管外科、神经外科、泌尿外科、神经内科、骨外科、消化内科、干部医疗科（老年

医学科)、健康管理中心、肾内科等重点学科达到国内先进水平。

2022年,医院门急诊量95万人次,出院患者3万余人次,高级别手术近万例。医院拥有万元以上设备2966台,100万元以上设备62台套,包括3.0T大孔径核磁、1.5T核磁、64排、ECT、DSA、各类高清腔镜系统、ECMO、手术显微镜、手术导航系统、彩色多普勒超声诊断仪、心脏康复系统、质谱分析仪等。医院是中国协和医科大学、北京大学医学部、中南大学湘雅医学院和南京医科大学、南通大学的教学医院,是北京大学肿瘤医院培训基地合作培养医院。

医院为已取得《辐射安全许可证》单位,涉及SPECT/CT、DSA、X射线影像诊断等放射诊疗设备和多种放射性核素的使用。

## 1.2 核技术利用及辐射安全管理现状

### 1.2.1 核技术利用现状

北京航天总医院已取得了辐射安全许可证(京环辐证[G0050],有效期至2025年1月15日),许可的种类和范围是使用II类、III类射线装置,乙级非密封放射性物质工作场所,医院已许可的射线装置使用情况见表1-1。

表 1-1 北京航天总医院已许可的射线装置情况

序号	名称	类别(类)	数量(台)	活动种类
1	医用 X 射线机	III	11	使用;
2	牙片机	III	1	使用;
3	SPECT/CT 机	III	1	使用;
4	牙科 X 射线机	III	3	使用;
5	血管造影机(DSA)	II	2	使用;
6	口腔 CT	III	1	使用;
7	钼靶 X 乳腺机	III	1	使用;
8	医用 X 射线 CT 机	III	3	使用;

北京航天总医院已许可的非密封放射性同位素使用情况见表1-2。

表 1-2 北京航天总医院已许可非密封放射性同位素使用情况

序号	工作场所名称	等级(类别)	核素名称	日等效最大操作量(Bq)	年最大用量(Bq)	活动种类
----	--------	--------	------	--------------	-----------	------

1	手术室	乙	I-125	3.55E+7	3.55E+11	使用；
2	影像中心 (核医学科)	乙	I-131	7.4E+7	3.7E+10	使用；
3		乙	Sr-89	3.7E+7	7.0E+9	使用；
4		乙	Tc-99m	1.85E+8	4.6E+12	使用；

### 1.2.2 近几年履行环保审批情况

北京航天总医院近五年未办理过辐射类环境影响报告表（书）类环评项目。

### 1.2.3 辐射安全管理情况

#### 1.2.3.1 辐射管理机构基本情况

为了加强对辐射安全和防护管理工作，促进放射性同位素和射线装置的安全使用，医院专门成立了辐射防护领导小组，由院长戴天然担任组长，副院长担任副组长，相关科室人员担任组员，并指定行保处王理副处长专职负责辐射安全管理工作，辐射防护领导小组成员名单见表 1-3。

表 1-3 北京航天总医院辐射防护领导小组成员名单

序号	人员类别	姓名	性别	专业	职务或职称	工作部门	专/兼职
1	组长	戴天然	男	临床医学	院长	院办	兼职
2	副组长	于广文	男	临床医学	副院长	院办	兼职
3	成员	侯杰	女	护理	护士长	影像科	兼职
4	成员	林峥	男	放射诊断	医师	影像科	兼职
5	成员	申庆民	男	机械	处长	医学工程处	兼职
6	成员	原永平	男	临床医学	主任	科技委	兼职
7	成员	张文	男	临床医学	处长	行保处	兼职
8	成员	郑晓风	男	临床医学	处长	影像科	兼职
9	成员	朱传明	男	临床医学	医师	核医学科	兼职
10	成员	王理	男	安全管理	副处长	行保处	专职

#### 1.2.3.2 制定规章制度及落实情况

北京航天总医院结合医院实际情况，已制定了一套相对完善的管理制度和

操作规程，包括辐射防护领导小组及其职责、放射性同位素与射线装置操作规程、辐射防护和安全保卫制度、射线装置检修维护制度、台帐管理制度、放射性同位素采购和登记制度、放射性药品质控及记录制度、放射性废物管理规定、辐射安全培训制度、辐射工作人员个人剂量监测制度、辐射工作人员职业健康管理制度、辐射工作场所监测制度、辐射事故应急预案等，并严格按照规章制度执行。

#### **1.2.3.3 工作人员考核情况**

医院制定了辐射工作人员培训考核计划。目前，医院从事辐射相关工作人员约有 131 人，分批参加了辐射安全和防护培训，并通过了考核。

今后，医院将按照生态环境部 2019 年第 57 号公告、2021 年第 9 号公告要求，定期（五年一次）组织辐射工作人员进行辐射安全防护考核，考核通过后方可上岗。

#### **1.2.3.4 个人剂量监测**

医院所有从事辐射工作的医护人员均佩戴 TLD 个人剂量计，每季度监测一次，按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（原环境保护部令 18 号）要求建立个人剂量档案，并于每年 5 月 31 日前将上一年度全体辐射工作人员的个人剂量监测数据上报至北京市辐射安全监管系统中。

目前，个人剂量监测工作已委托长润放射科技（宁夏）有限公司承担，监测频度为每 3 个月检测一次。最近一年度个人剂量监测结果为 0.02mSv~1.2mSv，低于单位剂量管理目标值 5mSv。

开展个人剂量检测的人员，部分进修人员、新增及离职辐射工作人员的工作时间较短，出现了不到四个季度的个人剂量检测结果的情况。

医院有专人负责个人剂量监测管理工作。发现个人剂量监测结果异常的，将及时调查原因，并将有关情况及时报告医院辐射防护领导小组。今后将继续加强个人受照剂量监测工作，如果某位辐射工作人员的单季度个人剂量监测结果高于年剂量约束值的 1/4，将对其受照原因进行调查，结果由本人签字后存档；必要时将采取调离工作岗位或控制从事辐射工作时间等措施，保障辐射工作人员的健康。

### 1.2.3.5 工作场所及辐射环境监测

医用已制定辐射工作场所监测制度和自行监测记录档案，监测方案内容含有工作场所辐射水平监测和环境辐射水平监测，监测方案中包括实施部门、监测项目、点位及频次等，并妥善保存，接受生态环境行政主管部门的监督检查。监测记录记载监测数据、测量条件、测量方法和仪器、测量时间和测量人员等信息，监测记录随本单位辐射安全和防护年度评估报告一并提交北京市辐射安全监管系统。

**工作场所辐射水平监测：**医院每年委托有 CMA 资质的单位对医院已有的辐射场所防护和机器性能检测一次（包含现有核医学科工作场所），且北京市卫生健康委员会每年都要对医院的《放射诊疗许可证》校验一次，校验时医院必须提供当年的检测合格报告，检测报告齐全，检测结果均满足相关标准要求。

**表面污染监测：**每天工作结束后，对非密封放射性同位素工作场所的工作台台面、手套箱台面、注射台以及设备等进行表面污染监测，监测数据记录存档。工作人员离开可能受到放射性污染的工作场所时，监测其工作服、体表的表面污染水平。根据《北京市辐射工作场所辐射环境自行监测办法（试行）》要求，该项工作由使用科室工作人员自行完成。

医院现有的监测方案基本能够满足现有场所使用要求，医院已配备的辐射监测仪器，详细清单见表 1-4。

表 1-4 医院现有辐射防护监测仪器清单

序号	仪器名称	型号	购置日期	仪器状态	数量
1	手持式多功能剂量仪	Inspector	2006	正常使用	1
2	$\alpha$ - $\beta$ 表面污染仪	FJ1210	2019-07-17	正常使用	1
3	X- $\gamma$ 剂量仪	FJ-347 型	2009	正常使用	1

本项目运行后，周围场所的辐射水平监测工作，将继续纳入医院辐射工作场所的监测范围，一并按照现有制度规定的频度开展。

### 1.2.3.6 辐射事故应急管理

北京航天总医院依据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的要求，制定了关于本单位辐射

项目的辐射事故（件）应急预案，以保证本单位一旦发生辐射意外事件时，能迅速采取必要和有效的应急响应行动，妥善处理放射事故，保护工作人员和公众的健康与安全，同时在预案中进一步明确规定本单位有关意外放射事件处理的组织机构及其职责、事故报告、信息发布和应急处理程序等内容。

发生辐射事故时，应当立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生健康部门报告。医院将每年至少组织一次应急演练。

2023 年 10 月医院辐射防护领导小组组织行保处、影像科、医学工程处、核医学科等相关科室人员参加了每年一度的辐射事件应急预案演练，使工作人员知晓发生辐射时的处置流程，加强应对各类突发事件的处理能力，有效提高工作人员辐射事件的防范意识，效果良好。

#### **1.2.3.7 放射性废物的管理情况**

目前，医院按照《北京市生态环境局办公室关于加强医疗机构核医学放射性废物管理的通知》要求，对放射性废物进行管理。将放射性固体废物分类收集于专用的废物桶内，在废物衰变间内暂存。放射性固体废物暂存时间分别超过 30 天、10 倍最长半衰期（其中碘-131、Sr-89 核素产生的废物分别至少暂存 180、505 天）后，使用经检定合格的检测仪器对废物表面污染和辐射剂量率水平进行监测，辐射剂量率低于 200nSv/h 且 $\alpha$ 、 $\beta$ 表面污染水平分别小于 0.08 Bq/cm<sup>2</sup> 和 0.8Bq/cm<sup>2</sup>，可对废物解控为医疗废物处置，并详细记录“放射性固体废物暂存、处置管理台账”。

医院核医学科现有衰变池为推流式衰变池，设有 4 阶，每阶约 8m<sup>3</sup>。每年委托第三方对排放放射性废水进行监测一次。最近一次 2023 年 11 月委托中国原子能科学研究院辐射监测与评价实验室对衰变池废水中 I-131 进行了检测，监测结果显示，I-131 活度小于 0.3Bq/L，低于 10Bq/L 的排放限值的要求，并详细记录“放射性液体废物暂存、处置管理台账”。

#### **1.2.3.8 其他情况**

医院较圆满地完成了各项辐射安全防护工作，依据法律法规每年对本单位同位素和射线装置的安全和防护状况进行了年度评估，目前已编写上报了

2022 年度评估报告。

### 1.3 项目建设规模、目的和任务的由来

#### 1.3.1 本项目情况

目前，医院已许可使用 2 台血管造影机（DSA），已不能满足血管造影的就医需求，为更好的提升医院基础设施水平，提高医疗救治能力，改善就医环境，医院拟在二号住院楼西侧影像中心二层第一导管室（辐射安全许可证登记场所为：影像中心（导管室））新增 1 台 DSA（布局不做改动），将二号住院楼西侧影像中心二层肠胃室（医用 X 射线机已拆除，存放至影像中心地下一层）及医生工作室改造成第三导管室及其相关场所，搬迁影像中心第一导管室原有的 1 台 DSA 至第三导管室使用。本项目投入使用后，医院将有 3 台 DSA，主要用于开展心血管、外周血管、神内介入、肿瘤介入等手术。

本项目射线装置情况见表 1-5。

表 1-5 本项目射线装置情况表

序号	工作场所	型号及名称	生产厂家	管电压(kV)	输出电流(mA)	类别	备注
1	影像中心（第一导管室）	Artis Q.zen floor型血管造影机	西门子	125	1000	II类	新增
2	影像中心（第三导管室）	Artis zee III floor型血管造影机	西门子	125	1000	II类	搬迁，辐射安全许可证登记型号为：AXIOM ARITFSA，实际型号为：Artis zee III floor

#### 1.3.2 目的和任务的由来

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《建设项目环境影响评价分类管理名录》等相关规定，本项目应当进行环境影响评价，编制环境影响报告表，报生态环境主管部门审批。

根据生态环境部《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》（2019 年生态环境部令第 9 号）最新要求，北京辐环科技有限公司符合第九条第一款规定，无该条第三款所列情形，不属于该条第二款所列单位。公司有

专职环评工程师，有能力开展环境影响评价工作。受北京航天总医院的委托，评价机构环评人员在现场踏勘、收集资料的基础上，对该项目建设和运行对环境的辐射影响进行了分析评价，并编制了环境影响报告表。评价主要考虑 DSA 在使用过程中，对周围环境的辐射影响，对职业人员和公众的辐射影响。

### **1.3.3 项目建设正当性和必要性**

医院现有 2 台 DSA，手术量已经处于饱和状态，患者时常需要等待手术，为了缓解这种情况，同时为社会提供优质医疗服务，因此医院本次拟新增 1 台 DSA。

介入放射学是基于影像学，将影像诊断与介入性治疗融为一体的学科，是现代影像学的重要组成部分。由于介入诊断直观有效，为临床上许多问题开拓了新的解决途径，使介入诊断成为许多病患诊断的黄金标准。介入治疗具有创伤小、疗效迅速、恢复快等特点，是目前部分疾病的首选治疗方法。而先进的血管造影设备则是介入诊疗一个非常重要的手段及平台。引进 DSA 不仅能保证广大患者享受到高质量、便捷的医疗服务，而且缩小诊疗时间、降低诊疗费用，同时满足了医院整体技术水平与医学重点学科发展同步，有效缩小地区间、行业间的医疗服务差距。

医院本次申请使用的 DSA 为很成熟的医用 X 射线设备，是血管疾病检查治疗的必需设备，被广泛地应用在血管介入治疗中，对血管疾病的检查治疗具有高度特异性，尽管 X 射线对人体有少许危害，但是借助上述设备可以辅助医学诊断治疗，所获利益远大于其危害。

故综上所述，本项目设备的使用具有正当性和必要性。

### **1.3.4 开展新项目的技术能力**

**人员配备：**医院现有 2 台血管造影机（DSA），主要开展心血管、外周血管、神内介入、肿瘤介入等治疗工作。目前全院从事介入的辐射工作人员 34 名，其中 22 名医师、6 名技师和 6 名护士。现配备人员数量超出两台 DSA 满负荷运行需求。

本次拟在第三导管室搬迁 1 台 DSA、第一导管室新增 1 台 DSA，本项目建成投产后医院 DSA 数量增加至 3 台。由现从事介入的 34 名辐射工作人员进

行相关操作。医院实行医师长期轮转（短期固定）、技师和护士固定的方式开展介入诊疗，按照每台手术通常由 2 名医师、1 名技师、1 名护士组成配备，则平均每台 DSA 的介入工作人员约能配到 7 名医师（可配 3 组）、2 名技师（可配 2 组）和 2 名护士（可配 2 组），能够满足本项目启用后 DSA 的使用需求。

医院现有 2 台 DSA 年 2022 年手术量接近 2500 例，新增 1 台 DSA 启用后预计年手术量不超过 1500 例，全院总共年手术量不超过 4000 例，参与轮班的医师可约分为 11 组（平均每台 DSA 可配 3 组），每组平均年手术量约 364 例。但考虑到将来手术量增加等情况，本项目导管室保守按每名医师全年手术量 500 例进行剂量估算。

**（2）检测仪器配备：**本项目拟利用现有的 1 台 X- $\gamma$ 剂量仪，用于导管室开展自行监测，可以满足本项目的需求。

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
无								

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
无										

注：日等效最大操作量和操作方式见国家标准《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
无										

(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	血管造影机	II类	1	Artis Q.zen floor型血管造影 机	125	1000	介入诊疗	影像中心（第一导管室）	新增
2	血管造影机	II类	1	Artis zee III floor型血管造影 机	125	1000	介入诊疗	影像中心（第三导管室）	搬迁

(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	
无													

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
无								

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为mg/L，固体为mg/kg，气态为mg/m<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》，主席令第九号，2015年1月1日起实施。</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，主席令第二十四号，2018年12月29日日修订并实施。</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，主席令第六号，2003年10月1日起实施。</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第682号修订，2017年6月21日公布，2017年10月1日起实施。</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令第709号第二次修订，2019年3月2日第二次修订版公布并实施。</p> <p>(6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》，生态环境部部令第16号，2020年11月30日公布，2021年1月1日起实施。</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，生态环境部部令第20号修订，2021年1月4日公布并实施。</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原环境保护部第18号令，2011年4月18日公布，2011年5月1日起实施。</p> <p>(9) 《关于发布&lt;射线装置分类&gt;的公告》，原环境保护部、国家卫生计生委公告第66号，2017年12月5日。</p> <p>(10) 《关于发布&lt;建设项目竣工环境保护验收暂行办法&gt;的公告》，国环规环评[2017]4号，2017年11月20日。</p> <p>(11) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部令第9号，2019年9月20日公布，2019年11月1日起施行。</p> <p>(12) 《北京市城乡规划条例》，京人常[2021]61号，2021年9月24日。</p> <p>(13) 《北京市辐射工作场所辐射环境自行监测办法（试行）》，</p>
-------------	--

	<p>原北京市环境保护局文件，京环发〔2011〕347号。</p> <p>(14) 《辐射安全与防护监督检查技术程序》，生态环境部，2020年2月。</p> <p>(15) 《北京市生态环境局办公室关于做好辐射类建设项目竣工环境保护验收工作通知》，京环办[2018]24号，2018年1月25日。</p> <p>(16) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》生态环境部公告2019年第57号，2019年12月24日。</p> <p>(17) 《关于进一步优化辐射安全考核的公告》生态环境部公告2021年第9号，2021年3月11日。</p>
技术标准	<p>(1) 《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），环境保护部；</p> <p>(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>(3) 《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）；</p> <p>(4) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）；</p> <p>(5) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）；</p> <p>(6) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）。</p>
其他	<p>(1) NCRP Report No.147: Structural Shielding Design and Evaluation for Medical X-Ray imaging Facilities, 2004;</p> <p>(2) 《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》（WS76-2020）；</p> <p>(3) 《医用辐射危害控制与评价》，中国原子能出版社，2017年11月；</p> <p>(4) 北京航天总医院提供的与建设项目相关的其他技术资料，2023年12月。</p>

表 7 保护目标与评价标准

## 7.1 评价范围

### 7.1.1 评价内容

本项目拟在医院二号住院楼西侧影像中心二层第一导管室（辐射安全许可证登记场所为：影像中心（导管室））新增 1 台 DSA（布局不做改动），将二号住院楼西侧影像中心二层肠胃室（医用 X 射线机已拆除，存放至影像中心地下一层）及医生工作室改造成第三导管室及其相关场所，搬迁影像中心第一导管室原有的 1 台 DSA 至第三导管室使用，开展介入相关手术。

### 7.1.2 关注问题

（1）机房屏蔽是否满足国家相关标准的要求。

（2）辐射安全管理情况及污染防治措施是否满足新增使用射线装置的要求。

### 7.1.3 评价因子

主要为 X 射线。

### 7.1.4 评价范围

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）的规定，并结合该项目辐射为能量流污染的特征，根据能量流的传播与距离相关的特性，确定本项目评价范围为 DSA 机房实体屏蔽边界向外扩展 50m 的区域。

## 7.2 环境保护目标

本项目涉及的第一、第三导管室均位于医院二号住院楼西侧影像中心二层。第一导管室东侧为设备间、第三导管室，南侧为设备控制室，西侧为走廊，北侧为走廊，楼上为档案室，楼下为 CT 操作间。第三导管室东侧为通道、污物间、手术洗手间，南侧为设备间、设备控制室，西侧为第一导管室，北侧为走廊、家属等候区，楼上为档案室、学术报告厅，楼下为 CT 第一扫描室、预约登记室。据项目特点及周围毗邻关系，确定主要环境保护目标为该单位从事本项目射线装置操作的辐射工作人员、DSA 机房周围其他公众成员，详见表 7-1，周围 50m 范围（均为医院内部）内主要建筑物见图 7-1。

表 7-1 本项目场所周围 50m 范围内主要保护目标

项目	保护目标	最短距离 (m)	常居留人数	方位	周围 50m 范围内主要场所
第一导管室、第三导管室	导管室工作人员	0~11	8	东侧	污物间、手术洗手间、通道、设备控制室、第二导管室
	公众、其他工作人员	12~50	20~30	东侧	楼梯间、二号住院楼
	导管室工作人员	紧邻	8	南侧	设备控制室
	公众、其他工作人员	6~50	10~15	南侧	院内道路、停车场、一号住院楼
	导管室工作人员	0~9	8	西侧	走廊、办公室、手术洗手间、更衣室等
	其他工作人员	10~50	10~15	西侧	院内道路、急诊、门诊一区
	其他工作人员	0~12	4	北侧	走廊、家属等候区、楼梯间、信息处、泌尿外科实验室
	公众、其他工作人员	13~50	20~25	北侧	院内道路、连廊、3号住院楼、停车场
	其他工作人员	紧邻	2	楼上	档案室、学术报告厅等
	其他工作人员	紧邻	10	楼下	CT 第一扫描室、CT 操作间、预约登记室等

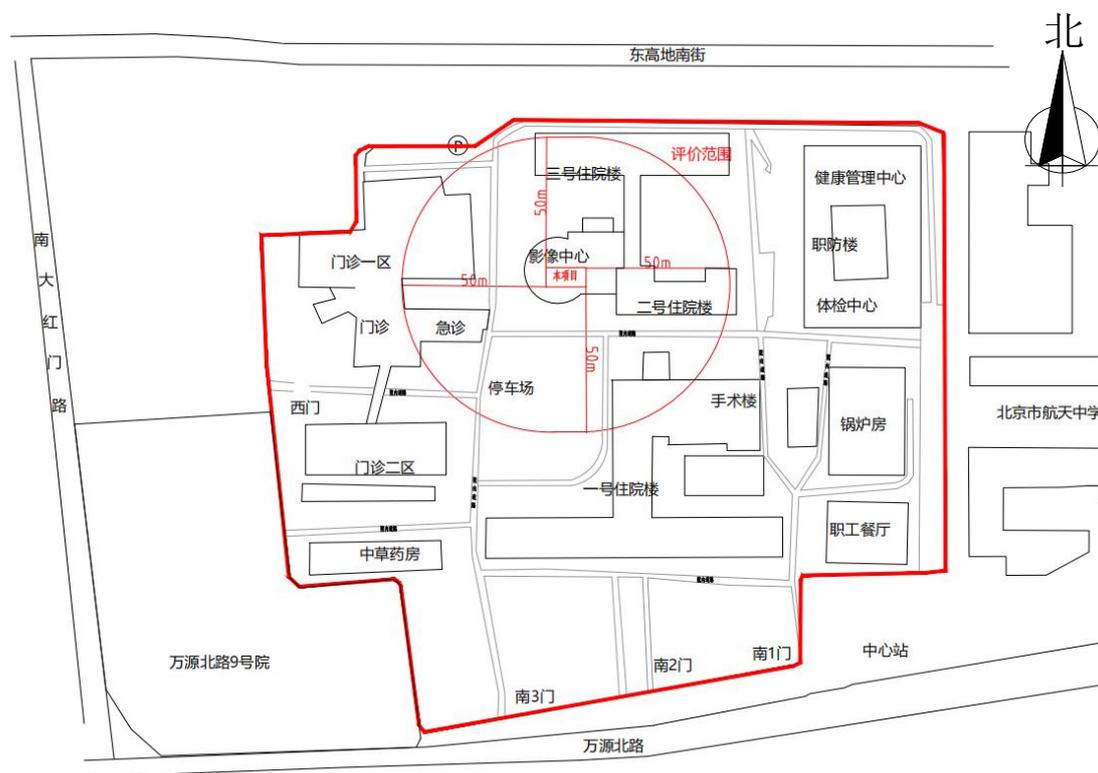


图 7-1 本项目周围 50m 范围内主要建筑物图

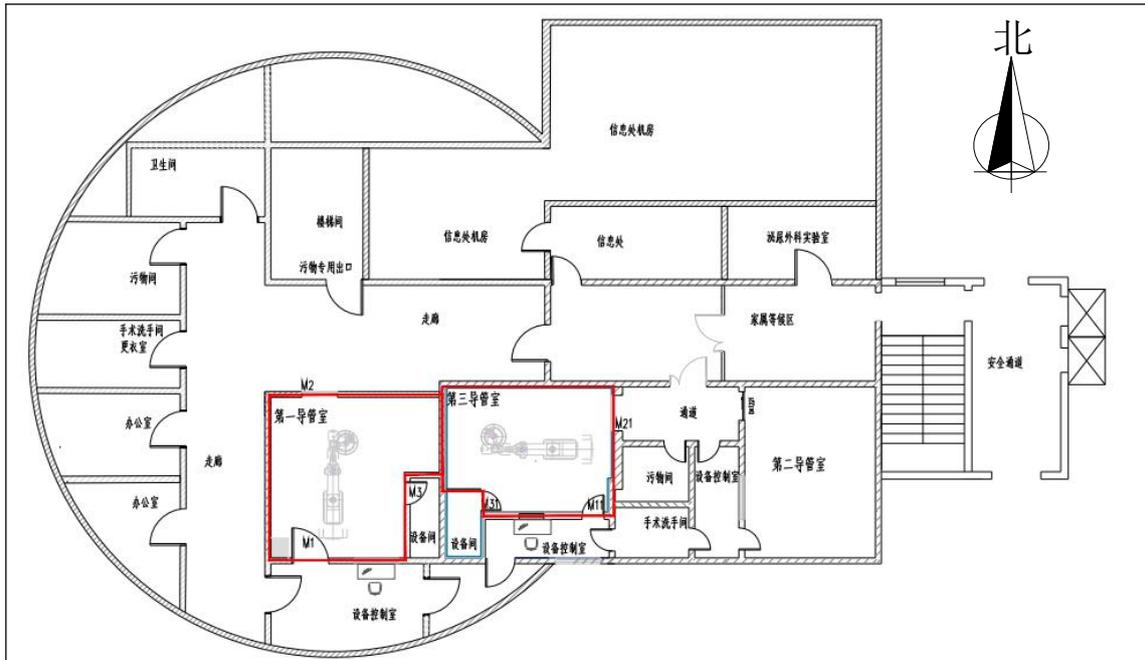


图 7-2 本项目四周毗邻关系图



图 7-3 二号住院楼西侧以层平面布局图 (DSA 下方)

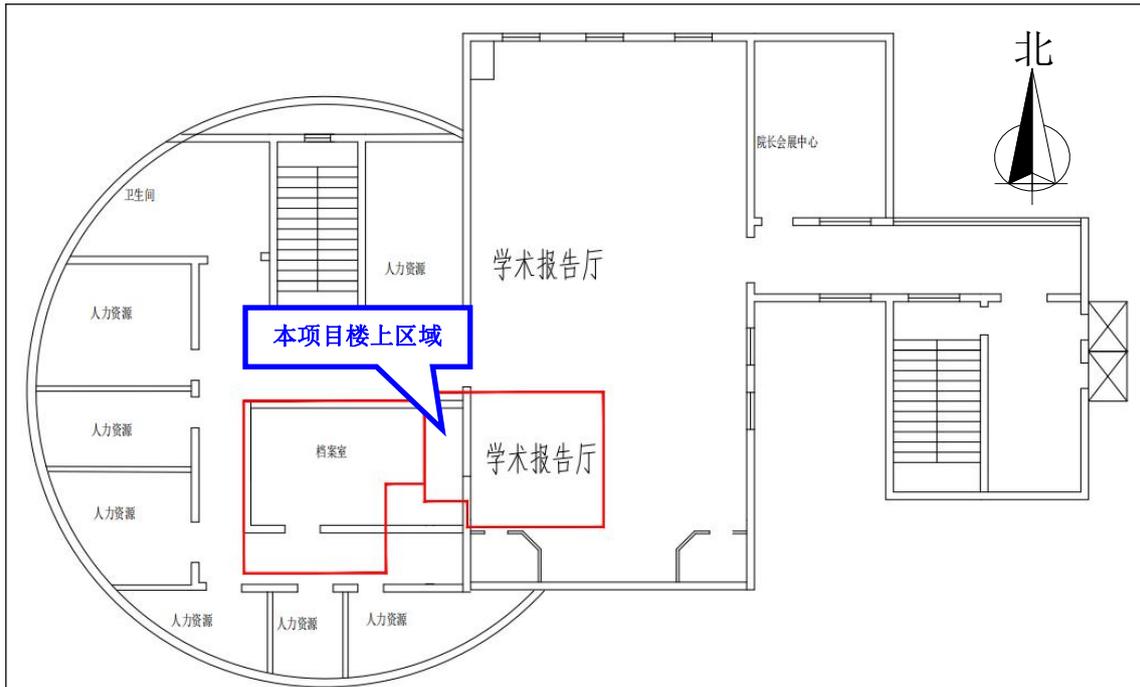


图 7-4 二号住院楼西侧三层平面布局图（DSA 上方）

### 7.3 评价标准

#### 7.3.1 剂量限值及剂量约束值

##### 7.3.1.1 基本剂量限值

电离辐射防护与辐射源安全基本标准（GB18871-2002）规定的剂量限值列于表 7-2。

表 7-2 个人剂量限值（GB18871-2002）

辐射工作人员	公众关键人群组成员
连续五年平均有效剂量 20mSv，且任何一年有效剂量 50mSv	年有效剂量 1mSv；但连续五年平均值不超过 1mSv 时，某一单一年可为 5mSv
眼晶体的当量剂量 150mSv/a 四肢或皮肤的当量剂量 500mSv/a	眼晶体的当量剂量 15mSv/a 皮肤的当量剂量 50mSv/a

GB18871-2002 还规定了年剂量约束值，按辐射防护最优化原则设计的年剂量控制值应小于或等于该剂量约束值。剂量约束值是剂量限值的一个分数，公众剂量约束值通常应在 0.1~0.3mSv/a 范围内。

##### 7.3.1.2 剂量约束值

本项目公众和辐射工作人员剂量约束值分别执行 0.1mSv/a 和 5mSv/a。对于辐射工作人员年受照剂量异常情况，单位应该进行调查并报生态环境部门备案。

### 7.3.1.3 剂量率控制水平

参照 GBZ130-2020，本项目第一、第三导管室外 30cm 处周围剂量当量率均应不大于 2.5 $\mu$ Sv/h。

### 7.3.1.4 射线装置机房屏蔽防护基本要求

参照 GBZ130-2020 第 6.2 表 3，本项目第一、第三导管室均属于 C 型臂 X 射线设备机房，该项目 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求如下。

表 7-3 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 (mm)	非有用线束方向铅当量 (mm)
C 形臂 X 射线设备机房	2	2

注：这里 C 形臂 X 射线设备机房指第一、第三导管室。

### 7.3.1.5 X 射线设备机房的面积要求

《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）第 6.1 条款指出：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；对新建、改建和扩建的 X 射线机房，其最小有效使用面积、最小单边长度应不小于表 7-4 的要求。

表 7-4 X 射线设备机房使用面积及单边长度

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

注：本项目第一、第三导管室 DSA 均为单管头 X 射线设备。

表 8 环境质量和辐射现状

## 8.1 地理位置和场所位置

### 8.1.1 地理位置

北京航天总医院位于北京市丰台区万源北路 7 号，医院东邻北京市航天中学，南邻万源北路，西邻万源北路 9 号院、南大红门路，北邻东高地南街。

### 8.1.2 场所位置

本项目涉及的第一、第三导管室均位于医院二号住院楼西侧影像中心二层。第一导管室东侧为设备间、第三导管室，南侧为设备控制室，西侧为走廊，北侧为走廊，楼上为档案室，楼下为 CT 操作间。第三导管室东侧为通道、污物间、手术洗手间，南侧为设备间、设备控制室，西侧为第一导管室，北侧为走廊、家属等候区，楼上为档案室、学术报告厅，楼下为 CT 第一扫描室、预约登记室。

## 8.2 辐射环境现状监测

由于第一导管室在评价期间，处于正常的诊疗状态，所以现状监测采用第一导管室最近一年度的委托第三方有资质的常规监测数据。委托持有计量认证资质证书的长润放射科技（宁夏）有限公司，于 2023 年 3 月 22 日对本项目第一导管室相关场所进行了环境  $\gamma$  辐射剂量率本底监测（证书编号：CRNX-FW-1120230274）。

改造的第三导管室委托持有计量认证资质证书的深圳市瑞达检测技术有限公司于 2023 年 12 月 13 日对本项目第三导管室相关场所进行了环境  $\gamma$  辐射剂量率本底监测（报告编号：SZRD2023FH4988）。

### 8.2.1 监测项目

环境  $\gamma$  辐射剂量率。

### 8.2.2 监测对象及点位布设

监测对象：本次监测针对第一导管室及拟改造第三导管室所在区域及周边进行环境辐射现状监测。

监测点位：本次监测对第一导管室及拟改造第三导管室所在区域及周边进行环境地表  $\gamma$  辐射监测，监测点位布设见图 8-1。

### 8.2.3 监测仪器及方法

(1) 监测设备

本次监测采用的监测设备见表 8-1。

表 8-1 监测设备及性能指标

仪器名称	型号/编号	检定/校准证书、 检定/校准日期	主要技术性能指标
辐射剂量测量仪	ATI121/CR-YQ-044	DLjl2023-03474、 2024-03-01； DLjl2023-03227、 2024-03-02	测量范围： 50nSv/h~10Sv/h； 10nSv~10Sv； 能量范围：（0.015~10）MeV；
环境剂量率仪	GH-102A/20170404	DLjl2023-01431	测量范围： 0.01μGy/h~100μGy/h； 能量范围：30keV~8MeV； 相对响应之差：<±15%。

(2) 监测方法

γ辐射剂量率：采用便携式监测仪表，以定点的测量方式进行。监测时每点测量 10 次，每次间隔 10 秒钟，取平均值。

### 8.2.4 监测依据

- (1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；
- (2) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）。

### 8.2.5 监测结果

γ剂量率的监测数据见表 8-2、8-3，检测点位图见图 8-1、8-2。

表 8-2 第一导管室及周围辐射环境水平监测结果

检测条件： 98kV、149mA、 >10s、 SID=90cm、15fps	透视模式：照射野：48cm×48cm，投照方向向上 模体：标准水箱模体+标准水箱模体铜板（铜板位于标准水膜和影像接收器之间）。	本底值（μSv/h）： 1.12×10 <sup>-1</sup> ~1.22×10 <sup>-1</sup>
检测点位	屏蔽体（相邻场所）	检测结果（μSv/h）
1	观察窗外 30cm 处（控制室）	0.13
2	工作人员操作位置处（控制室）	0.13
3	工作人员门外 30cm 处（控制室）	0.13
4	受检者门外 30cm 处（走廊）	0.12
5	机房东墙外 30cm 处（肠胃机房）	0.12
6	机房西墙外 30cm 处（走廊）	0.12
7	机房南墙外 30cm 处（控制室）	0.13
8	机房北墙外 30cm 处（走廊）	0.15
9	机房正上方距离楼上地面 100cm 处（学术报告	0.11

	厅)	
10	机房正下方距离楼下地面 170cm 处 (CT 机房)	0.11
11	工作人员门上门缝外 30cm 处 (控制室)	0.14
12	工作人员门下门缝外 30cm 处 (控制室)	0.14
13	工作人员门左门缝外 30cm 处 (控制室)	0.15
14	工作人员门右门缝外 30cm 处 (控制室)	0.15
15	受检者门上门缝外 30cm 处 (走廊)	0.14
16	受检者门下门缝外 30cm 处 (走廊)	0.27
17	受检者门左门缝外 30cm 处 (走廊)	0.13
18	受检者门右门缝外 30cm 处 (走廊)	0.13
19	观察窗上缝外 30cm 处 (控制室)	0.13
20	观察窗下缝外 30cm 处 (控制室)	0.13
21	观察窗左缝外 30cm 处 (控制室)	0.14
22	观察窗右缝外 30cm 处 (控制室)	0.14
23	机房正下方距离楼下地面 170cm 处 (CT 机房)	0.12
24	机房东墙外 30cm 处 (肠胃机房)	0.13
25	封闭门外 30cm 处 (走廊)	0.13
26	封闭门上门缝外 30cm 处 (走廊)	0.13
27	封闭门下门缝外 30cm 处 (走廊)	0.13
28	封闭门左门缝外 30cm 处 (走廊)	0.13
29	封闭门右门缝外 30cm 处 (走廊)	0.13
注: 1.以上相应检测位置不少于三个点; 2.以上周围剂量当量率检测结果数据均未扣除本底值。		

表 8-3 第三导管室及周围辐射环境水平监测结果

序号	检测点位置	地面介质	检测结果检测结果 ( $\mu\text{Gy/h}$ )		备注
			平均值	标准差	
1	第三导管室中央	混凝土	0.09	0.01	楼房
2	第三导管室东侧通道	混凝土	0.09	0.01	楼房
3	第三导管室东侧污物间	混凝土	0.09	0.01	楼房
4	第三导管室手术洗手间	混凝土	0.08	0.01	楼房

5	第三导管室南侧控制室	混凝土	0.09	0.01	楼房
6	第三导管室西侧设备间	混凝土	0.09	0.01	楼房
7	第三导管室西侧第一导管室	混凝土	0.09	0.01	楼房
8	第三导管室北侧走廊	混凝土	0.09	0.01	楼房
9	第三导管室下方 CT 第一扫描室	混凝土	0.08	0.01	楼房
10	第三导管室下方预约登记室	混凝土	0.09	0.01	楼房
11	第三导管室上方档案室	混凝土	0.09	0.01	楼房
12	第三导管室上方学术报告厅	混凝土	0.09	0.01	楼房

注：1.以上检测结果已扣除宇宙射线的响应部分，均在距地面 1m 测得；  
2.检测仪器校准所使用的量为空气比释动能率，空气吸收剂量率与其的转换系数取 1。

由表 8-2 中检测结果可知，第一导管室及周围环境 $\gamma$ 辐射剂量率为 0.11~0.27 $\mu$ Sv/h、0.08~0.09 $\mu$ Gy/h（空气吸收剂量率与空气比释动能率的转换系数取 1，即 0.08~0.09 $\mu$ Sv/h），为北京市的天然本底范围之内，未发现异常高值。

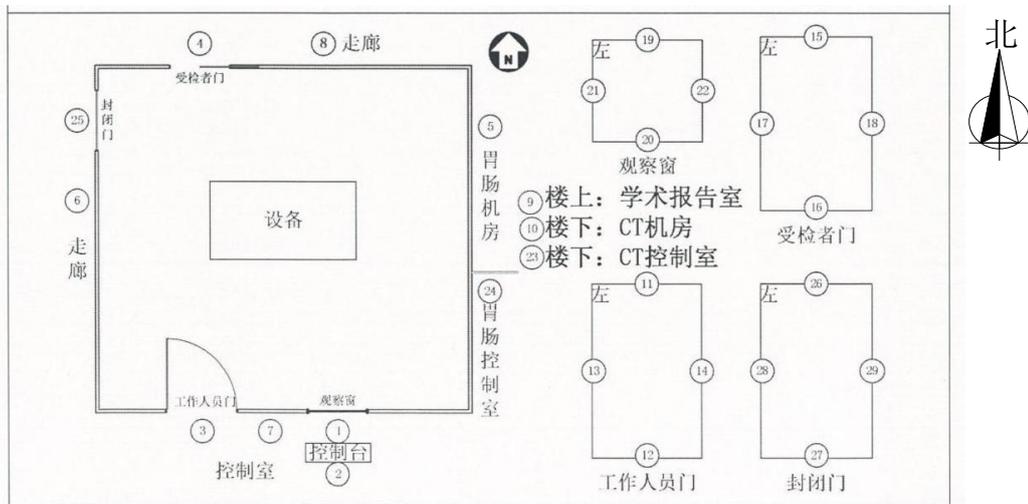
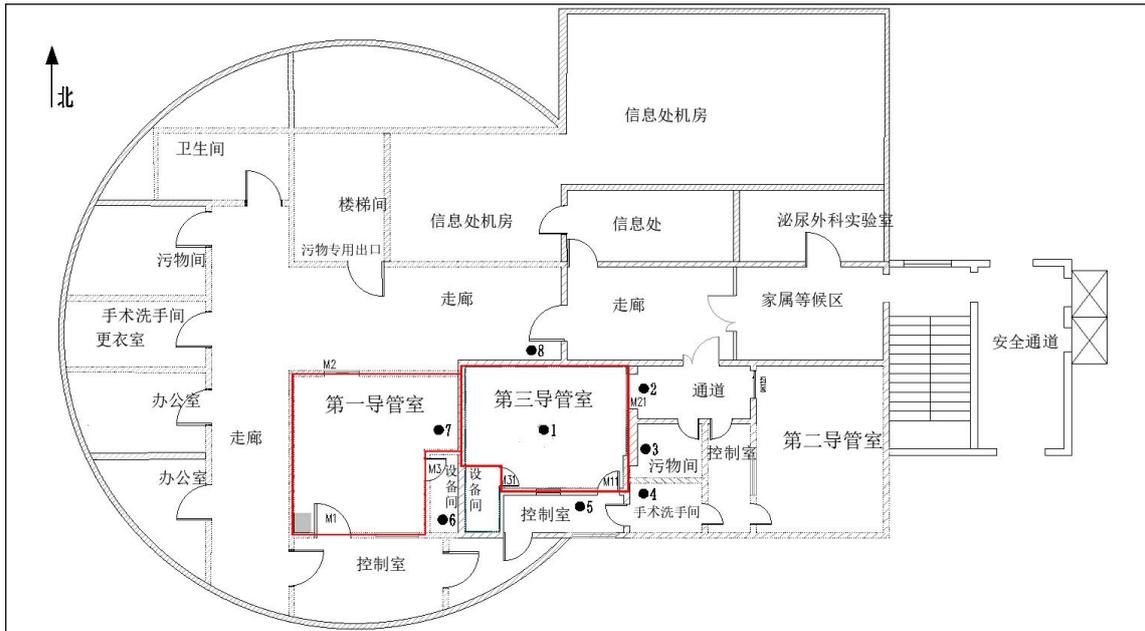


图 8-1 第一导管室周围检测点位图



二层平面布局



一层平面布局

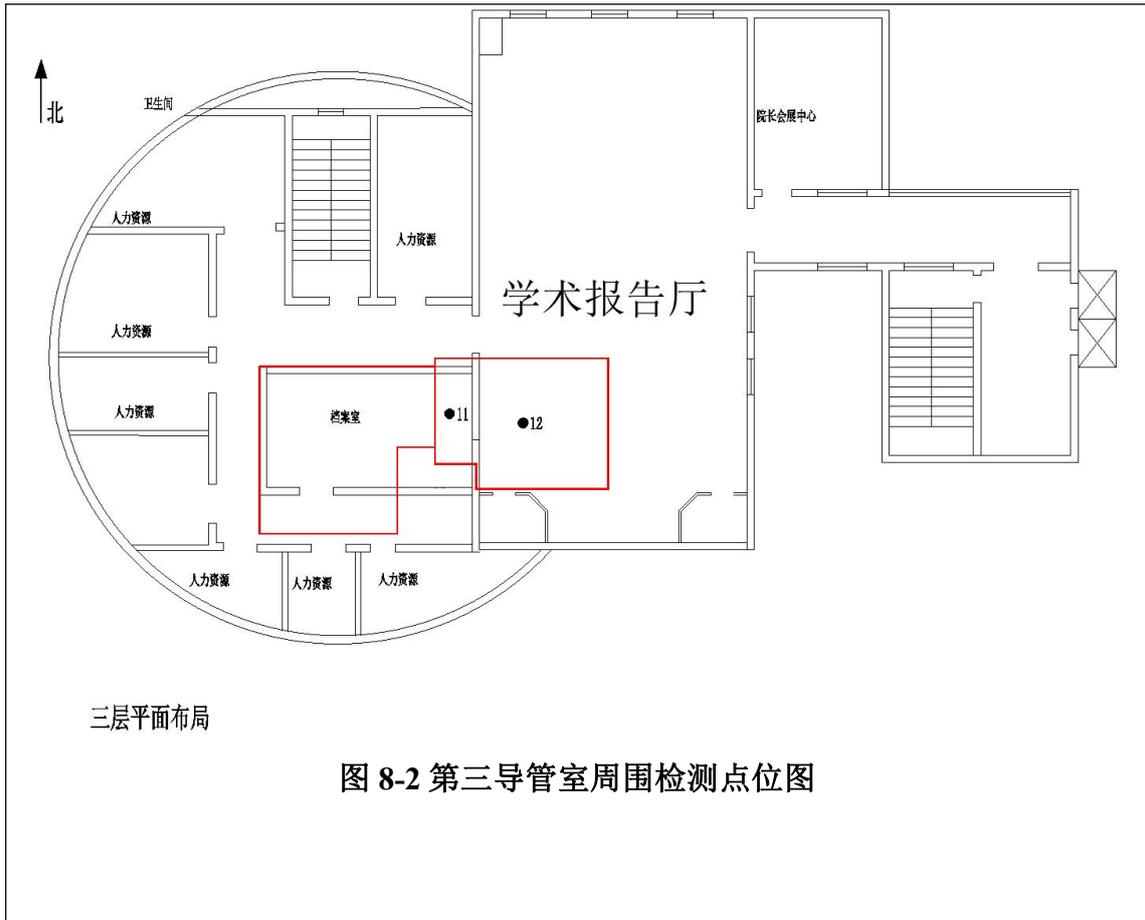


图 8-2 第三导管室周围检测点位图

表 9 项目工程分析与源项

## 9.1 工程设备和工艺分析

### 9.1.1 工作原理

血管造影机为采用 X 射线进行成像的技术设备，主要由 X 射线管、高压电源和数字平板探测器等组成，是利用人体不同的组织或者组织与造影剂密度的差别，对 X 射线吸收能力不同的特点，透射人体的 X 线使数字平板探测器显影，来间接观察内脏形态的变化、器官活动情况等，辅助临床诊断。目前主要有两种诊断方法：即透视和摄影。

血管造影机（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、数字平板探测器、数字电子学、计算机技术、图像处理技术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 适用于心脏大血管的检查。对心内解剖结构异常、主动脉夹层、主动脉瘤、主动脉缩窄和分支狭窄以及主动脉发育异常等显示清楚。对冠状动脉也是最好的显示方法。显示颈段和颅内动脉清楚，用于诊断颈段动脉狭窄或闭塞、颅内动脉瘤、动脉闭塞和血管发育异常，以及颅内肿瘤供血动脉的观察等。本项目 DSA 主要开展心血管介入、神经血管介入和外周血管介入治疗等工作。其典型设备如图 9-1 所示。



图 9-1 同类血管造影机典型设备图

### 9.1.2 操作流程

血管造影机（DSA）诊疗时患者仰卧并进行经皮静脉穿刺，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 线透视下将导管送达检查治疗部位施行探查、治疗，并留 X 线片记录，探查结束，撤出导管，穿刺部位止血包扎。

血管造影机（DSA）操作流程及产污环节如下图所示。

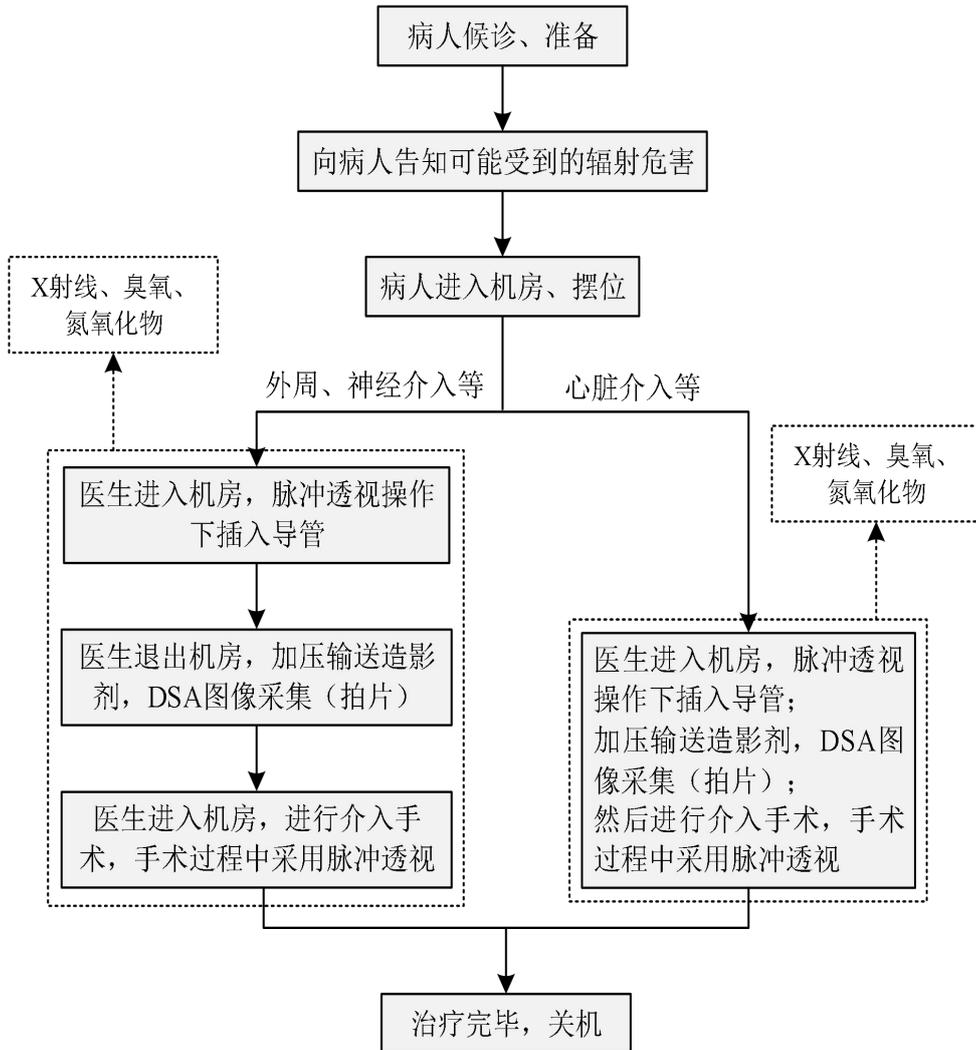


图 9-2 血管造影机（DSA）操作流程及产污环节示意图

(1) 医生根据患者预约安排手术，并在手术前告知患者在手术过程中可能受到一定的辐射照射。

(2) 病人由专职人员通过受检者防护门接入检查室，在医生指导下进行摆位，在确认导管室内没有无关人员滞留后，关闭防护门。

(3) 对患者进行无菌消毒、麻醉后，经穿刺静脉，送入引导钢丝及扩张

管与外鞘，经鞘插入导管。医生利用脚踏板开关启动 X 射线系统进行透视。进行过程中医生穿戴铅衣、铅围脖、佩带铅眼镜等个人防护用品进行防护。

出束时间与手术性质（如心脏血管介入、外周介入手术、神经介入手术等）和医生手术水平有关，每台手术累计透视时间多为十几分钟。

（4）导管到位后，对患者注射造影剂，开启设备，摄影采集图像。进行过程中，根据诊疗需要，医生或在操作室进行隔室摄影，或在床旁进行摄影。每台介入手术的摄影时间为 1~2 分钟。

（5）介入手术完成后，拔管按压穿刺部位后包扎，关闭射线装置。

工作量预计：本项目建成投产后医院 DSA 数量增加至 3 台，全院总共年手术量不超过 4000 例，参与轮班的医师可约分为 11 组（平均每台 DSA 可配 3 组），每组平均年手术量不超过 364 例，本项目导管室保守按每名医师全年手术量 500 例进行剂量估算。

## **9.2 污染源描述**

### **9.2.1 主要放射性污染物**

（1）由 X 射线装置的工作原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生和消失。因此，本项目使用的 X 射线装置在非诊断状态下不产生射线，只有在开机并处于出线状态时才会放射 X 射线。因此，在开机期间，X 射线成为污染环境的主要因子。射线装置在运行时无其它放射性废气、废水和固体废弃物产生。

（2）主要放射性污染因子：X 射线贯穿辐射。

### **9.2.2 污染途径**

（1）正常工况时的污染途径

X 射线装置主要的放射性污染是 X 射线，污染途径是 X 射线外照射。X 射线装置只有在开机并处于出束状态时才会发出 X 射线。在开机出束时，有用束和漏射、散射的 X 射线对周围环境造成辐射污染。在 X 射线装置使用过程中，X 射线贯穿机房的屏蔽设施进入外环境中，将对操作人员及机房周围人员造成辐射影响。此外，X 射线与空气作用产生极少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，但由于该项目血管造影机工作时的管电压、管电流较小，因此产生的臭氧和氮氧化物也较少。

(2) 事故工况的污染途径

①射线装置发生控制系统或电器系统故障或人员疏忽，造成管电流、管电压设置错误，使得受检者或工作人员受到超剂量照射。

②人员误入机房受到辐射照射。

表 10 辐射安全与防护

## 10.1 项目安全设施

### 10.1.1 项目建设内容

本项目医院拟在二号住院楼西侧影像中心二层第一导管室（辐射安全许可证登记场所为：影像中心（导管室））新增 1 台 DSA（布局不做改动），将二号住院楼西侧影像中心二层肠胃室（医用 X 射线机已拆除，存放至影像中心地下一层）及医生工作室改造成第三导管室及其相关场所，搬迁影像中心第一导管室原有的 1 台 DSA 至第三导管室使用。拟改造第三导管室区域布局，并对第三导管室墙体防护进行改建。本项目涉及的第一、第三导管室均位于医院二号住院楼西侧影像中心二层。第一导管室东侧为设备间、第三导管室，南侧为设备控制室，西侧为走廊，北侧为走廊，楼上为档案室，楼下为 CT 操作间。第三导管室东侧为通道、污物间、手术洗手间，南侧为设备间、设备控制室，西侧为第一导管室，北侧为走廊、家属等候区，楼上为档案室、学术报告厅，楼下为 CT 第一扫描室、预约登记室。

DSA 机房南墙与控制室拟设置铅玻璃观察窗和连通门（称控制室门 M1、M11），机房与北侧走廊设置与患者走廊连通门（称受检者门 M2、M21）。第一导管室检查床拟呈南北向放置，第三导管室检查床拟呈东西向放置。床旁拟设置铅防护帘，床上方拟设置悬挂铅防护屏。第一导管室医护人员由北侧走廊进入放射工作场所，在更衣室进行更衣换鞋后进入导管室西侧走廊，到达工作人员防护用品区穿戴防护用品，随后进入手术洗手间进行刷手准备，刷手结束后经过走廊、控制室门 M1 进入第一导管室进行手术；第三导管室医护人员由北侧走廊进入放射工作场所，在更衣室进行更衣换鞋后进入导管室西侧走廊，到达工作人员防护用品区穿戴防护用品，随后进入手术洗手间进行刷手准备，刷手结束后经过控制室门 M11 进入第三导管室进行手术；患者从北侧受检者门 M2 进入第一导管室、M21 进入第三导管室；单次手术结束后，第一导管室医疗废物经过走廊运至西侧污物间暂存，第三导管室医疗废物经过走廊运至东侧污物间暂存，一天手术结束后通过北侧走廊运出，由专门的公司再统一进行处理。工作人员同室近台和位于控制室操作设备，DSA 摄影曝光时，除存在临床不可接受的情况外工作人员（医

师)均在机房外观察, DSA 透视曝光时, 医师在导管室内近台操作, 护士和技师不在导管室内。机房采用空调通风, 不设采光窗。导管手术室拟采取的屏蔽防护设施如表 10-1 所示。

**表 10-1 机房屏蔽材料及厚度情况一览表**

序号	场所名称	机房有效面积	屏蔽墙体方向	屏蔽材料及厚度
1	第一导管室	33.73m <sup>2</sup> (4.96m×6.80m)	东、南、西、北墙	370mm 实心砖
			顶棚	250mm 混凝土+1mm 铅
			地板	250mm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥
			控制室门 M1 (南)	3mmPb 防护门
			机房门 M2 (北)	3mmPb 防护门
			设备间门 M3 (东)	3mmPb 防护门
			观察窗 (南)	3mmPb 铅玻璃
2	第三导管室	29.26m <sup>2</sup> (4.4m×6.65m)	东、西、北墙	370mm 实心砖
			南墙	轻钢龙骨隔断墙 +3mm 铅板
			顶棚	250mm 混凝土+1mm 铅
			地板	250mm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥
			控制室门 M11 (南)	3mmPb 防护门
			机房门 M21 (东)	3mmPb 防护门
			设备间门 M31 (西)	3mmPb 防护门
			观察窗 (南)	3mmPb 铅玻璃

注: 铅密度不小于 11.34g/cm<sup>3</sup>, 混凝土的密度不小于 2.35g/cm<sup>3</sup>, 实心砖的密度不小于 1.65g/cm<sup>3</sup>, 硫酸钡水泥密度不小于 2.75g/cm<sup>3</sup>。

### 10.1.2 工作场所安全防护设施管理

工作场所安全与防护设施设计要求见表 10-2。

**表 10-2 导管室辐射安全与防护设施设计表**

序号	检查项目		是否拟设置	备注
1*	A 场所 设施	单独机房	√	单独机房
2*		操作部位局部屏蔽防护设施	√	每间导管室配备铅悬挂防护屏/铅防护帘 1 个、床侧防护帘/床侧防护屏 1 个、移动铅防护屏风 1 个

3*		医护人员的个人防护	√	每间导管室拟配铅围裙、铅颈套各 4 件；铅眼镜、铅手套各 2 副；铅帽 4 顶
4*		患者防护	√	每间导管室拟配铅围裙、铅颈套各 1 件；铅帽 1 顶
5*		机房门窗防护	√	铅防护门、铅玻璃观察窗
6*		闭门装置	√	2 个机房的受检者门均设为电动推拉门，均设置自动延时关闭功能和防夹功能，控制室门均设为单扇手动平开门，设备间门均设为单扇手动平开门，设置自动闭门装置
7*		入口处电离辐射警告标志	√	门上粘贴电离辐射警示标志
8*		入口处机器工作状态显示	√	门上拟安装工作状态指示灯
9*	B 监测 设备	监测仪器	√	拟利用现有的 1 台 X-γ剂量仪
10*		个人剂量计	√	所有工作人员配备 TLD 个人剂量计
11		腕部剂量计	×	/

注：加\*的项目是重点项，有“设计建造”的划√，没有的划×，不适用的划/。

### 10.1.3 第一、第三导管室辐射防护措施

(1) 机房均采取实体屏蔽和铅屏蔽措施，第一、第三导管室设计的防护能力和评价依据对照情况见表 10-3，满足 GBZ130-2020 标准相关要求，保证工作人员和公众的受照剂量满足环评文件提出的剂量约束要求。

(2) 辐射工作场所实行控制区和监督区分区管理。机房出入口内的所有区域为控制区，控制室、设备间为监督区，分区图见图 11-1。

(3) 第一、第三导管室受检者门均为电动推拉门，控制室门和设备间门均为平开门。拟在该项目第一、第三导管室控制室门、受检者门外醒目位置分别设置电离辐射警告标志，并在受检者门外上方各安装 1 个工作状态指示灯，指示灯灯箱处拟设“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句。工作状态指示灯的供电电源与 X 射线机低压供电线路连接，指示灯的控制开关与工作人员门连接，不设独立控制开关。当 X 射线机接通低压供电时，指示灯具备第一供电条件；当工作人员门关闭时，指示灯的第二供电条件满足，指

示灯亮起。导管手术室辐射安全设施布置位置见图 10-1 所示。

(4) 辐射工作人员均佩戴个人剂量计。

(5) 每间导管手术室设有观察窗和语音提示系统。

(6) 每间导管手术室操作部位局部拟采取下列屏蔽防护设施：手术床的床上悬挂可移动 0.5mm 铅当量的铅悬挂防护屏/铅防护吊帘 1 个、床侧悬挂含 0.5mm 铅当量的床侧防护帘/床侧防护屏 1 个、2mm 铅当量的移动式铅防护屏风 1 个，用于阻挡散、漏射线对辐射工作人员的照射。

(7) DSA 设备诊疗床上和控制台面（或墙面）拟分别设有 1 个急停按钮。

(8) 医院配备符合防护要求的辅助防护用品，拟为每间导管室配置工作人员防护用品，包括 0.5mm 铅当量的铅围裙、铅颈套各 4 件、铅眼镜 2 副、铅帽 4 顶，0.025mm 铅当量的铅手套 2 副；拟配置 0.5mm 铅当量的受检者防护用品，包括铅围裙、铅颈套各 1 件，铅帽 1 顶。机房个人防护用品和辅助防护设施配置情况见表 10-4，满足 GBZ130-2020 标准相关要求。

(9) 机房配备火灾报警系统，配有灭火用品。

(10) DSA 机房拟采用空调进行通风，防止机房空气中臭氧和氮氧化物等有害气体累积。

(11) 拟在家属等候区设置辐射防护注意事项告知牌和宣传栏；制定事故应急预案，尽可能地降低事故情况下对环境的污染。

(12) 拟利用现有的 1 台便携式辐射巡测仪用于自行监测。

(13) 除存在临床不可接受的情况外，摄影工况图像采集时工作人员应尽量不在机房内停留。

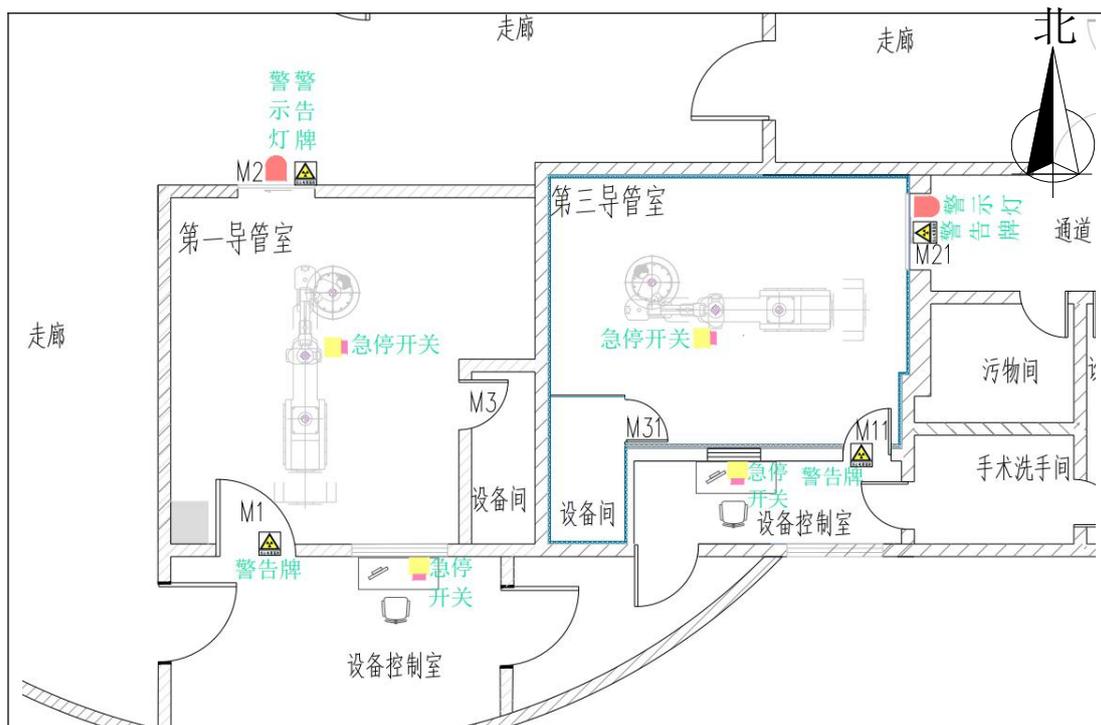


图 10-1 第一、第三导管室辐射安全设施布置图

表 10-3 第一、第三导管室的防护能力和评价依据对照情况

场所名称	屏蔽墙体方向	屏蔽材料及厚度	等效铅当量	标准要求	是否符合标准要求
第一导管室	东、南、西、北墙	370mm 实心砖	3.5mm	2mm	是
	顶棚	250mm 混凝土+1mm 铅	4.3mm	2mm	是
	地板	250mm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥	4.8mm	2mm	是
	控制室门 M1	3mmPb 防护门	3mm	2mm	是
	机房门 M2	3mmPb 防护门	3mm	2mm	是
	设备间门 M3	3mmPb 防护门	3mm	2mm	是
	观察窗	3mmPb 铅玻璃	3mm	2mm	是
第三导管室	东、西、北墙	370mm 实心砖	3.5mm	2mm	是
	南墙	轻钢龙骨隔断墙 +3mm 铅板	3mm	2mm	是
	顶棚	250mm 混凝土+1mm 铅	4.3mm	2mm	是
	地板	250mm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥	4.8mm	2mm	是
	控制室门 M11	3mmPb 防护门	3mm	2mm	是
	机房门 M21	3mmPb 防护门	3mm	2mm	是
	设备间门 M31	3mmPb 防护门	3mm	2mm	是

观察窗	3mmPb 铅玻璃	3mm	2mm	是
机房最小单边长度为 4.4m，最小的机房有效使用面积为 29.26m <sup>2</sup> （4.4m×6.65m），满足 GBZ130-2020 中关于机房最小使用面积和单边长度的要求（标准要求：最小有效使用面积不小于 20m <sup>2</sup> ；机房内最小单边长度不小于 3.5m）。				
备注：参照 GBZ130 表 C，对于 DSA：221mm 混凝土相当于 3mmPb；铅密度不小于 11.34g/cm <sup>3</sup> ，混凝土的密度不小于 2.35g/cm <sup>3</sup> ，实心砖的密度不小于 1.65g/cm <sup>3</sup> ，硫酸钡水泥密度不小于 2.75g/cm <sup>3</sup> 。保守按 370mm 实心砖相当于 3.5mmPb，250mm 混凝土等效于 3.3mmPb，30mm 硫酸钡等效于 1.5mmPb。				

表 10-4 介入放射学操作个人防护用品和辅助防护设施配置情况

	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
标准要求	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、防护手套、铅防护眼镜；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	—
导管室配备情况	每间导管室拟配铅围裙、铅颈套各4件；铅眼镜、铅手套各2副；铅帽4顶	每间导管室配备铅悬挂防护屏/铅防护帘1个、床侧防护帘/床侧防护屏1个、移动铅防护屏风1个	每间导管室配铅围裙、铅颈套各1件；铅帽1顶	—
是否符合要求	是	是	是	

#### 10.1.4 法规符合情况

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》规定，现对医院从事本项目辐射活动能力评价列于表 10-5 和表 10-6。

##### 10.1.4.1 对照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求的满足情况

表 10-5 汇总列出了本项目对照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》对使用放射性同位素和射线装置单位承诺的对应检查情况。

表 10-5 执行《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求对照表

序号	要求	本单位落实情况	是否符合要求
1	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。	已成立辐射防护领导小组，并在该机构设有专职管理人员。	符合

2	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。	本项目拟配备 34 名辐射工作人员，均为现有辐射工作人员。其中 22 名医师、6 名技师和 6 名护士，在通过辐射安全与防护考核合格后持证上岗。	落实后符合
3	使用放射性同位素的单位应当有满足辐射防护和实体防卫要求的放射源暂存库或设备。	本项目不涉及放射性同位素。	符合
4	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要求的安全措施。	拟制定相应的操作规程，人员出入口处拟设置电离辐射警告标志和工作状态指示灯等。	落实后符合
5	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。	拟为辐射工作人员配备个人剂量计，利用现有的 1 台 X- $\gamma$ 剂量仪，开展自行监测。	落实后符合
6	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。	拟制定健全的规章制度、操作规程、岗位职责及辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训考核计划等，本项目建成后拟完善监测方案。	落实后符合
7	有完善的辐射事故应急措施。	拟制定辐射事故应急措施。	落实后符合
8	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。	本项目不涉及	符合

#### 10.1.4.2 对《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》要求的满足情况

《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，本项目具备的条件与《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》要求的对照检查如表 10-6 所示。

**表 10-6 执行《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》要求对照表**

序号	安全和防护管理办法要求	本单位落实情况	是否符合要求
1	第五条 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，其出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	机房拟设置醒目的电离辐射警告标志及配有“当心电离辐射”的中文警示说明。机房拟安装门-灯联锁安全装置及工作警示灯。	落实后符合

	锁、报警装置或者工作信号。		
2	第七条 放射性同位素和被放射性污染的物品应当单独存放，不得与易燃、易爆、腐蚀性物品等一起存放，并指定专人负责保管。	本项目不涉及放射性同位素。	不涉及该内容
3	第九条 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环境保护主管部门认定的环境监测机构进行监测。	拟委托有辐射水平监测资质单位每年对辐射工作场所及其周围环境进行1次监测。	近期符合
4	第十二条 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。	承诺每年1月31日前向生态环境部门提交年度评估报告。	近期符合
5	第十七条 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。	本项目拟配备34名辐射工作人员，均为现有辐射工作人员。其中22名医师、6名技师和6名护士，在通过辐射安全与防护考核合格后持证上岗。	落实后符合
6	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证发证机关。	拟为所有从事放射性工作的人员配备个人剂量计，并委托有资质单位进行个人剂量监测（每季度1次）。	落实后符合
7	第二十四条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，不具备个人剂量监测能力的，应当委托具备条件的机构进行个人剂量监测。	拟委托有资质单位对辐射工作人员进行个人剂量监测。	近期符合

以上分析可知，该单位从事本项目辐射活动的技术能力基本符合相应法律法规的要求。

### 10.2 三废的治理

本项目中主要开展使用射线装置，项目运行过程中不产生放射性废物。

表 11 环境影响分析

### 11.1 建设期环境影响

该项目施工活动对环境的影响主要是防护装修和 DSA 安装过程中产生的噪声、粉尘以及振动等，为了不影响周围环境，在防护装修和 DSA 安装过程中，将采取一些降噪、防尘措施。如在施工现场设置隔离带、设立声障，这样既可有效的减少扬尘的污染，又可降低噪声；合理安排施工时间。本项目施工基本上都在医院内进行，并且项目所在地区的地面已经过硬化，无裸露地面，因此产生的扬尘相对较小，因此基本不影响单位和周围其他单位的正常工作。

### 11.2 血管造影机运行（使用）后对环境的影响

#### 11.2.1 机房所在位置及平面布局合理性分析

本项目涉及的第一、第三导管室均位于北京市丰台区万源北路 7 号医院二号住院楼西侧影像中心二层。第一导管室东侧为设备间、第三导管室，南侧为设备控制室，西侧为走廊，北侧为走廊，楼上为档案室，楼下为 CT 操作间。第三导管室东侧为通道、污物间、手术洗手间，南侧为设备间、设备控制室，西侧为第一导管室，北侧为走廊、家属等候区，楼上为档案室、学术报告厅，楼下为 CT 第一扫描室、预约登记室。

本项目将划分为控制区和监督区进行管理。控制区为第一导管室和第三导管室，监督区为毗邻控制室或设备间等场所。两区分区合理，符合辐射防护要求。

由项目所在楼层及第一、第三导管室平面布局（图 11-1）可见，与射线装置相关的各辅助用房布置于射线装置机房周围，整体布局紧凑，且患者通道、医护人员通道相对独立，路线合理，有利于辐射防护，机房墙体、防护门、观察窗、楼板的屏蔽防护材料和厚度充分考虑了防护效果，能够有效降低电离辐射对工作人员和周围公众的辐射影响。

综合分析，本项目两区分区明确，平面布局既满足介入诊疗工作的要求，又有利于辐射防护，评价认为本项目平面布局合理。

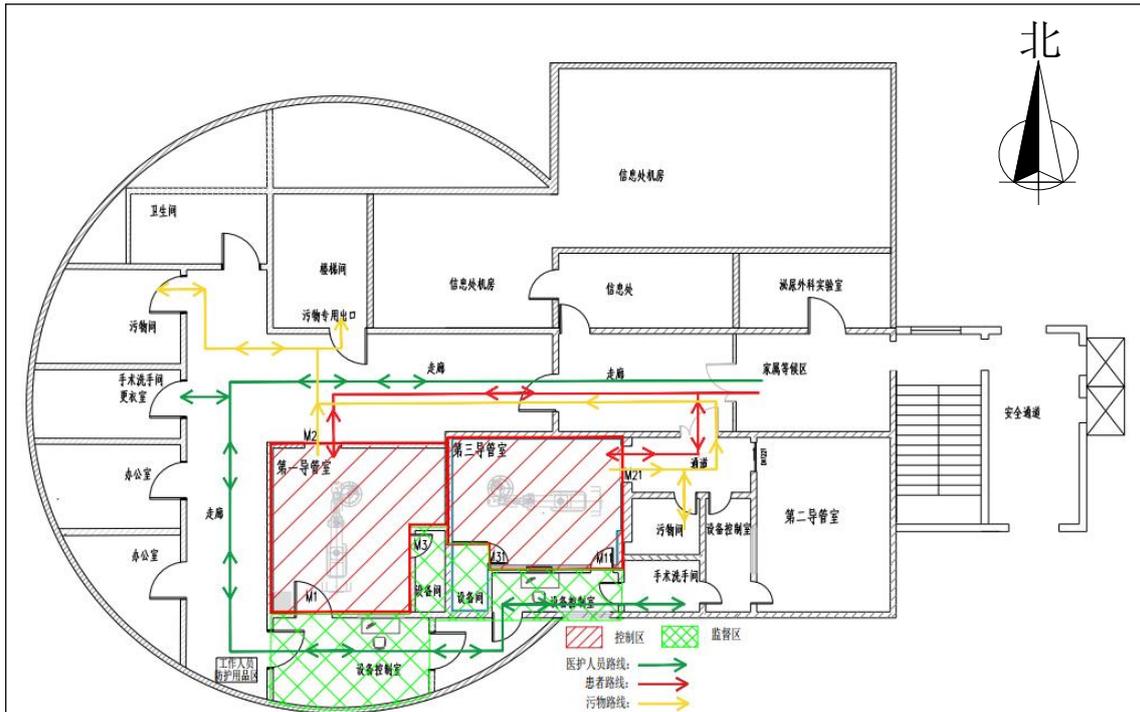


图 11-1 第一、第三导管室分区和路由平面布局示意图

### 11.2.2 设备参数和使用规划

#### (1) 设备技术参数

本项目使用的 DSA 最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA。

#### (2) 使用规划

根据医院提供的资料，DSA 主要用于开展心血管、外周血管、神内介入、肿瘤介入等手术。本项目建成投产后医院 DSA 数量增加至 3 台，全院总共年手术量不超过 4000 例，参与轮班的医师可约分为 11 组（平均每台 DSA 可配 3 组），每组平均年手术量不超过 364 例，本项目导管室保守按每名医师全年手术量 500 例进行剂量估算。

根据经验数据，DSA 手术类型、工作量、曝光时间见表 11-1 所示。

表 11-1 DSA 手术类型、每台手术曝光时间预计

手术类型	透视时间 (min)	摄影时间 (min)
冠状动脉造影+放置支架	12	1
心脏射频消融	5	0.5
心内起搏器植入	5	0.5
先心病介入治疗	5	1

脑血管介入治疗	10	1
外周介入治疗	10	2

根据美国 NCRP147 报告，心脏血管造影比外周血管造影和神经血管造影的工作负荷、泄漏辐射与侧向散射的空气比释动能都大，因此本项目透视以心脏血管造影模式和摄影以外周介入治疗的工况进行估算，其单台手术透视和摄影工作状态的累积出束时间分别为12min和2min，500例手术透视和摄影工作状态的累积出束时间分别为100h和16.7h，总计116.7h。

### 11.2.3 辐射环境影响评价

#### 11.2.3.1 机房外剂量率估算

手术中DSA设备运行分透视和摄影（采集）两种模式。设备具有自动调强功能，能根据患者条件等差异，自动调节曝光参数和X射线辐射剂量。即如果受检者体型偏瘦，管电流（功率）自动降低。反之管电流（功率）自动增强。

DSA设备的额定功率约80~100kW。为了防止球管烧毁并延长其使用寿命，DSA设备管电压和管电流都留有较大余量，实际使用时管电压通常在100kV以下，透视管电流通常为几十mA，摄影功率较大，管电流通常为几百mA，相差可达50倍，因此在估算DSA机房外剂量率时需使用摄影工况。另外，NCRP147报告4.1.6章节指出，DSA屏蔽估算时不需要考虑主束照射，只需考虑散漏射线的影响，机房外人员受到的贯穿辐射来自于X射线管球的泄漏辐射与介入患者的散射辐射。对于机房外四周关注点，考虑泄漏辐射和患者的侧向散射，对于机房楼上和楼下关注点则考虑泄漏辐射和患者的前/背向散射。因此在估算机房外关注点剂量率时需首先确定机房内患者1m处未屏蔽次级散漏辐射水平。

本项目DSA设备透视和摄影均采用脉冲模式，计算机房外剂量率水平时保守按100kV、500mA、15帧/s、10ms/帧的摄影工况考虑，可得每名患者工作负荷为500mA×15帧/s×0.01s/帧×2min+10mA×12min=270mA·min（保守取透视平均电流为10mA），远大于NCRP147报告中心血管造影给出的最大160mA·min/患者的要求，因此本项目的估算条件是保守的。

#### (1) 散射辐射+泄漏辐射

$$H = \frac{H_0}{R^2} \times B \times \frac{F \times \alpha}{400 \times R_0^2} \quad (11-1)$$

式中：H为预测点位的散射辐射剂量率，μGy/h；

$H_0$ 为距 DSA 设备靶点 1m 处的剂量率,  $\mu\text{Gy/h}$ ;

$R$ 为散射面中心点到关注点的距离,  $\text{m}$ ;

$B$ 为已知屏蔽墙厚度的衰减因子;

$R_0$ 为辐射源点(靶点)至散射体的距离,  $\text{m}$ ;

$F$ 为  $R_0$ 处的辐射野面积,  $\text{m}^2$  (取  $400\text{cm}^2$ );

$\alpha$ 为散射因子, 定义为入射辐射被面积为  $400\text{cm}^2$  水模体散射至 1m 处的相对份额, 依据《辐射防护手册》(第一分册)表 10.1, 取 100kV X 线  $90^\circ$ 方向  $400\text{cm}^2$  的散射因子  $1.3 \times 10^{-3}$ 。

根据 NCRP147 报告 100kV 设备有用线束距焦点 1m 处输出量约为  $4.692\text{mGy}/\text{mA}\cdot\text{min}$ , 则设备在上述摄影工况时有用束的剂量率为  $4.692\text{mGy}/\text{mA}\cdot\text{min} \times 500\text{mA} \times 60\text{min}/\text{h} \times 15\text{帧}/\text{s} \times 0.01\text{s}/\text{帧} = 21.1\text{Gy}/\text{h}$  (不考虑 DSA 附加的 Cu 和 Al 过滤材料的自吸收), 设备靶点至接收器最小距离多为 90cm, 距离手术床的距离最小为 60cm, 则摄影工况下, 1m 处侧向散射辐射剂量率为  $76.2\text{mGy}/\text{h}$ 。泄漏辐射取有用束输出量的 0.1%, 为  $21.1\text{mGy}/\text{h}$ , 则机房内辐射源 1m 处泄漏辐射和侧向散射辐射总的剂量率为  $97.3\text{mGy}/\text{h}$ 。

故本项目在估算机房周围附加剂量率水平时, 以 1m 处剂量率  $97.3\text{mGy}/\text{h}$  作为源项, 保守估算 DSA 机房周围的附加剂量率水平。

## (2) 场所周围的附加剂量率水平

机房外关注点的剂量率可按下式计算:

(11-2)

$$H = H_0 \times B/R^2$$

$$B = \left[ \left( 1 + \frac{\beta}{\alpha} \right) e^{\alpha\gamma x} - \frac{\beta}{\alpha} \right]^{-\frac{1}{\gamma}} \quad (11-3)$$

式中:  $H_0$ —距散射体(患者) 1m 处的泄漏和散射辐射剂量率,  $\mu\text{Gy}/\text{h}$ ;

$R$ —散射面中心点到关注点的距离,  $\text{m}$ ;

$B$ —屏蔽体衰减因子;

$\chi$ —某种屏蔽材料的厚度;

$\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ —与不同屏蔽材料有关的三个拟合参数, 由于 GBZ130-2020 标准没有针对血管造影机的拟合参数值, 故本项目拟合参数取 NCRP147 报告心脏血管造影模式下的相关参数(混凝土: 0.0371、0.1067、0.5733, 铅:

2.354、14.94、0.7481)。

根据上述估算方法得出摄影工况下 2 间导管室周围的剂量率估算结果如表 11-2 所示，估算点位见图 11-2，2 间导管室楼上、楼下剖面图见图 11-3。

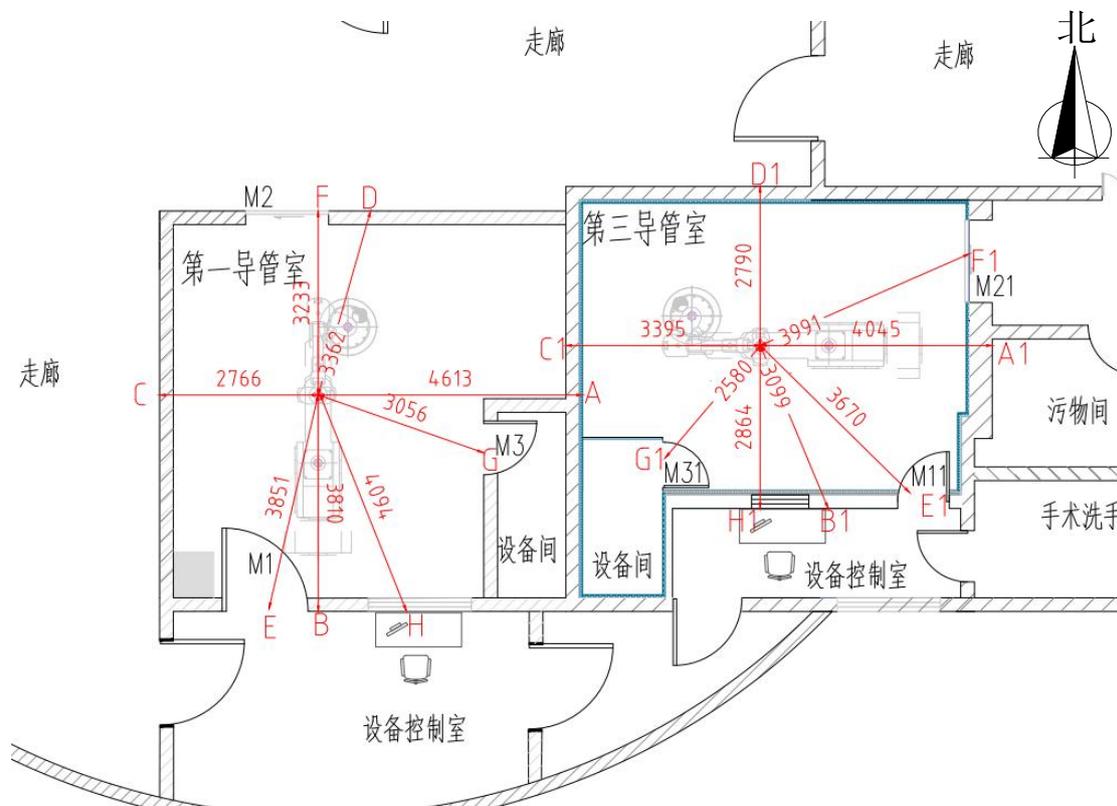


图 11-2 第一、第三导管室估算点位示意图

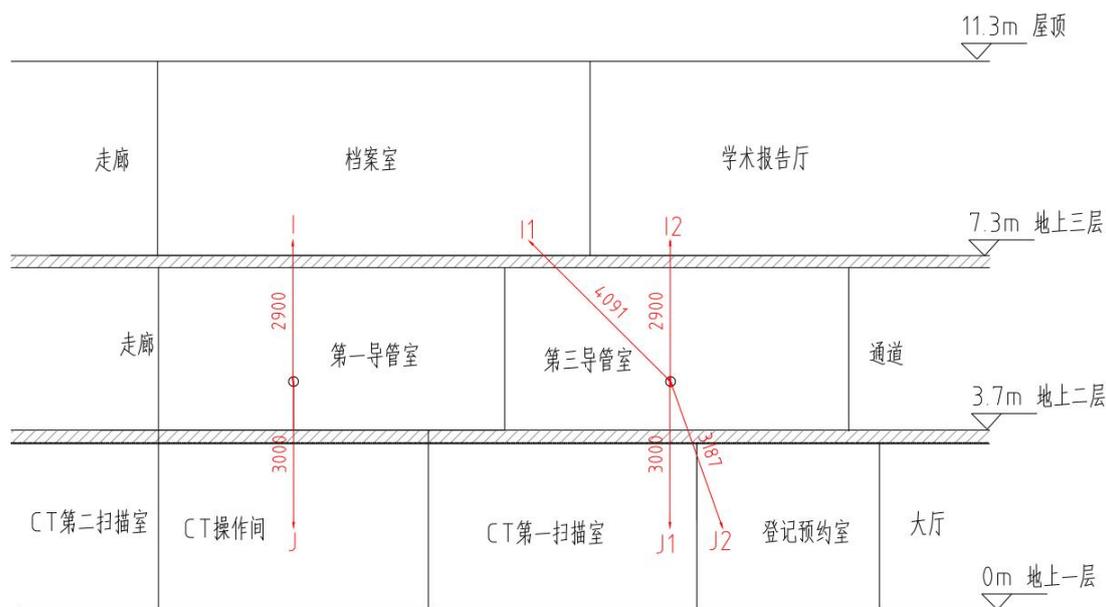


图 11-3 第一、第三导管室楼上、楼下剖面图

表 11-2 摄影工况下第一、第三导管室周围辐射剂量水平估算结果

位置	点位	屏蔽厚度	衰减因子 (K <sup>-1</sup> ) *	射线束	估算 预测 距离 /m	屏蔽后附 加剂量率 μGy/h	备注
第一 导管室	东墙外 A	370mm 实心砖	1.84E-05	泄漏+散射	4.9	7.46E-02	第三导 管室
	南墙外 B	370mm 实心砖	1.84E-05	泄漏+散射	4.1	1.07E-01	控制室
	西墙外 C	370mm 实心砖	1.84E-05	泄漏+散射	3	1.99E-01	走廊
	北墙外 D	370mm 实心砖	1.84E-05	泄漏+散射	3.6	1.38E-01	走廊
	控制室门 M1 外 E	3mmPb	6.00E-05	泄漏+散射	4.1	3.47E-01	控制室
	受检者门 M2 外 F	3mmPb	6.00E-05	泄漏+散射	3.5	4.76E-01	走廊
	设备间门 M3 外 G	3mmPb	6.00E-05	泄漏+散射	3.3	5.36E-01	设备间
	观察窗 H	3mmPb	6.00E-05	泄漏+散射	4.3	3.16E-01	控制室
	楼上 I	250mm 混凝土+1mm 铅	2.80E-06	泄漏+散射	2.9	3.23E-02	档案室
楼下 J	250mm 混凝土 +30mm 硫酸钡水泥	8.61E-07	泄漏+散射	3.0	9.31E-03	CT 操作 间	
第三 导管室	东墙外 A1	370mm 实心砖	1.84E-05	泄漏+散射	4.3	9.69E-02	污物间
	南墙外 B1	3mmPb	6.00E-05	泄漏+散射	3.3	5.36E-01	控制室
	西墙外 C1	370mm 实心砖	1.84E-05	泄漏+散射	3.6	1.38E-01	第一导 管室
	北墙外 D1	370mm 实心砖	1.84E-05	泄漏+散射	3	1.99E-01	走廊
	控制室门 M11 外 E1	3mmPb	6.00E-05	泄漏+散射	3.9	3.84E-01	控制室
	受检者门 M21 外 F1	3mmPb	6.00E-05	泄漏+散射	4.2	3.31E-01	通道
	设备间门 M31 外 G1	3mmPb	6.00E-05	泄漏+散射	2.8	7.44E-01	设备间
观察窗 H1	3mmPb	6.00E-05	泄漏+散射	3.1	6.07E-01	控制室	

楼上 I1	250mm 混凝土+1mm 铅	2.80E-06	泄漏+散射	4.0	1.70E-02	档案室
楼上 I2	250mm 混凝土+1mm 铅	2.80E-06	泄漏+散射	2.9	3.23E-02	学术报告厅
楼下 J1	250mm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥	8.61E-07	泄漏+散射	3.0	9.31E-03	CT 第一扫描室
楼下 J2	250mm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥	8.61E-07	泄漏+散射	3.1	8.72E-03	预约登记室

备注：泄漏和散射 1m 处剂量率取  $9.73E+04\mu\text{Gy/h}$ ； $K^{-1}$  取 NCRP147 报告心脏血管造影模式下的衰减因子；防护门屏蔽未考虑了斜射情况下等效厚度的影响。估算距离为距墙体、门和观察窗外 30cm 处。

从上述估算结果可知，DSA 正常摄影工况下，第一、第三导管室外周围附加剂量率最大值为  $7.44E-01\mu\text{Gy/h}$ ，满足本项目所设定的机房屏蔽体外 30cm 处  $2.5\mu\text{Sv/h}$  的剂量率控制水平，根据剂量率与距离平方成反比以及评价范围内固有建筑物的屏蔽，则在第一、第三导管室周围 50m 评价范围内的其他诊疗场所等人员长居留场所的剂量率远小于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。上述剂量率的计算是基于保守假设进行的，实际工作中 X 射线机运行参数要小于 100kV/500mA，且患者身体对 X 射线会有部分的吸收，约衰减 1-2 个量级（NCRP147 号报告），预计实际运行时，机房周围的剂量率水平可以维持在正常本底水平。

### 11.2.3.2 第一、第三导管室外剂量率叠加分析

第一、第三导管室毗邻，以第一导管室、第三导管室北墙外关注点（图 11-2 中 D、D1）为例，由于距离衰减和多层墙体屏蔽厚度的增加，保守以关注点的估算剂量率 2 倍考虑，也不超过  $0.5\mu\text{Sv/h}$ ，满足低于  $2.5\mu\text{Sv/h}$  的剂量率控制水平。

### 11.2.3.3 年附加剂量估算

#### (1) DSA 同室操作位剂量水平

依相关标准要求，工作人员在同室操作时，应合理穿戴个人防护用品、使用相关防护设施，并在满足诊疗要求的前提下尽量缩短曝光时间，对术者位剂量率的取值如下：

#### ① 透视模式

参照《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》（WS76-2020）表 B.1 和

图 I.3 规定：透视防护区检测平面上周围剂量当量应不大于  $400\mu\text{Sv/h}$ 。除存在临床不可接受的情况外，摄影工况图像采集时工作人员应尽量不在机房内停留。

本评价取标准要求的上限值保守考虑，医生手术位置的附加剂量率水平为  $400\mu\text{Sv/h}$ ，居留因子为 1（全部居留）。

## ②采集模式

采集模式时，采用脉冲模式，剂量率与帧数成正比。参考帧数较高的心脏模式条件：15 帧/s、10ms/帧，采集时电流与透视时电流之比取 50（ $500\text{mA}/10\text{mA}$ ），假设采集与透视时 kV 相同（按 90kV 考虑），则采集产生的剂量率与透视产生的剂量率之比为 7.5（ $(500\text{mA}\times 15\text{ 帧/s}\times 0.01\text{s/帧}) / (10\text{mA}\times 1\text{s})$ ），故本评价采用标准要求的透视时术者位剂量率上限值保守考虑，即处于同室状态的工作人员在采集时（摄影模式）术者位剂量率为  $3000\mu\text{Sv/h}$ 。

只有在临床不可接受的情况下，医护人员在摄影时才在机房内停留。做心脏介入手术时，医生会在摄影图像采集时在机房内停留，开展其它手术时医生在摄影图像采集时均会离开机房，故居留因子保守取 1/4。

## （2）年附加剂量估算公式

### ①同室操作

本项目依照 GBZ128-2019《职业性外照射个人监测规范》评价术者的受照剂量评价模式，考虑裸漏部位和屏蔽部位受照的综合剂量。据 GBZ128-2019 中第 6.2.4 条，外照射致有效剂量计算公式为：

$$E_{\text{同室}} = \alpha H_u + \beta H_0 \quad (11-4)$$

式中：

$E_{\text{同室}}$ ——同室操作外照射致年有效剂量，单位为 mSv；

$\alpha$  ——系数，取 0.79 同室（有甲状腺屏蔽）；

$H_u$ ——铅防护用品内佩戴的个人剂量计测得的  $H_p(10)$ ，单位为 mSv；

$\beta$  ——系数，取 0.051（有甲状腺屏蔽）；

$H_o$ ——铅防护用品外锁骨对应的衣领位置佩戴的个人剂量计测得的  $H_p(10)$ ，单位为 mSv。

根据 GBZ130-2020，工作人员采取铅衣（0.5mm 铅当量）屏蔽措施，在透视和摄影时，衰减系数约为 0.025， $H_o$  和  $H_u$  本次均采用剂量率乘以年受照时长计算，其中  $H_o$  对应剂量率为术者位剂量率上限值（400 $\mu$ Sv/h）， $H_u$  对应剂量率为经过个人防护用品屏蔽后的（0.5mmPb 铅衣、铅颈套等）术者位剂量率估算值，即计算  $H_o$  时，透视模式和采集模式对应剂量率为 400 $\mu$ Sv/h 和 3000 $\mu$ Sv/h，计算  $H_u$  时，透视模式和采集模式对应剂量率为 10 $\mu$ Sv/h 和 75 $\mu$ Sv/h。

## ②隔室操作

附加年有效剂量计算公式： $E=D\times t\times T\times K$

式中： $E$ —年有效剂量， $\mu$ Sv；

$D$ —计算点附加剂量率， $\mu$ Gy/h；

$t$ —DSA年出束时间，h/a；

$K$ —有效剂量与吸收剂量换算系数，Sv/Gy，本项目取1.0；

$T$ —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=1/4，（3）偶然居留T=1/16。

## （3）工作人员年附加有效剂量

该项目 DSA 摄影曝光时，医师除存在临床不可接受的情况外均回到操作室进行操作，DSA 透视曝光时，医师在手术间内近台操作；护士为辅助人员，透视时偶然会在机房内，透视居留因子取 1/16，系列采集时都在控制室，技师都在操作室操作，不在导管室内。

本项目每台手术通常由 2 名医师、1 名技师、1 名护士组成，根据医院提供资料，每名医师在 DSA 设备上的年工作量最多不超过 500 台相关手术，年累积透视时间 100h，摄影时间为 16.7h。

职业人员附加年有效剂量估算结果见表 11-3，其中透视情况下的剂量率取摄影工况下剂量率的 1/10。可见，介入工作人员的年受照剂量低于本项目设定

的 5mSv 的年剂量约束值。

表 11-3 第一、第三导管室工作人员的年附加有效剂量

估算对象			剂量率 ( $\mu\text{Gy/h}$ )	工作 时间 (h/a) *	居 留 因 子	年附加 有效剂 量 ( $\mu\text{Sv}$ )		
第一 导管 室	机 房 内	术 者 ( 医 生)	透视 (铅衣内)	10	100	1	3716	
			透视 (铅衣外)	400				
			摄影 (铅衣内)	75	16.7	1/4		
			摄影 (铅衣外)	3000				
	机 房 外	辅 助 人 员 ( 护 士)	透视 (铅衣内)	10	267	1/16	497	
			透视 (铅衣外)	400				
		控 制 室 ( 技 师)	透视	$3.47\text{E-}02$	267	1		
			摄影	$3.47\text{E-}01$	45	1		
		控 制 室 ( 技 师)	透视	$3.47\text{E-}02$	267	1		25
			摄影	$3.47\text{E-}01$	45	1		
第三 导管 室	机 房 内	术 者 ( 医 生)	透视 (铅衣内)	10	100	1	3716	
			透视 (铅衣外)	400				
			摄影 (铅衣内)	75	16.7	1/4		
			摄影 (铅衣外)	3000				
	机 房 外	辅 助 人 员 ( 护 士)	透视 (铅衣内)	10	267	1/16	500	
			透视 (铅衣外)	400				
		控 制 室 ( 技 师)	透视	$3.84\text{E-}02$	267	1		
			摄影	$3.84\text{E-}01$	45	1		
		控 制 室 ( 技 师)	透视	$3.84\text{E-}02$	267	1		28
			摄影	$3.84\text{E-}01$	45	1		

备注：\*机房外的工作时间按每年最大手术量 1334 例修正，控制室透视和摄影时间保守取 267h 和 45h。

取控制室门 M1、M11 外 E、E1 点位的附加剂量保守估算控制室工作人员剂量。

本项目技师和护士在射线出束时都是位于机房外隔室防护，介入治疗医师的年附加有效剂量不大于 3.716mSv，机房外的技师年附加剂量不大于 0.03mSv，护士的年附加剂量不大于 0.5mSv。满足所设定的工作人员剂量管理目标值 5mSv/a 要求。本项目辐射工作人员都是按照每年的最大手术量进行估算，可不考虑剂量累加情况。

#### (4) 公众年附加有效剂量

根据表 11-2 的导管室外主要关注点辐射剂量率水平，同时考虑导管室外公众居留情况估算出公众的年附加剂量见表 11-4，其中透视情况下的剂量率取摄影工况下剂量率的 1/10。

表 11-4 第一、第三导管室外公众的年附加有效剂量

估算对象	估算位置	附加剂量率 ( $\mu\text{Gy/h}$ )		年工作时间 (h/a) *	居留因子	年附加有效剂量 ( $\mu\text{Sv}$ )	
		透视	摄影				
第一导管室公众	西墙外 C (走廊)	透视	1.99E-02	267	0.25	3.57E+00	
		摄影	1.99E-01	45	0.25		
	北墙外 D (走廊)	透视	1.38E-02	267	0.25	2.48E+00	
		摄影	1.38E-01	45	0.25		
	受检者门 M2 外 F (走廊)	透视	4.76E-02	267	0.25	8.54E+00	
		摄影	4.76E-01	45	0.25		
	楼上 I (档案室)	透视	3.23E-03	267	0.25	5.80E-01	
		摄影	3.23E-02	45	0.25		
	楼下 J (CT 操作间)	透视	9.31E-04	267	0.25	1.67E-01	
		摄影	9.31E-03	45	0.25		
	第三导管室公众	北墙外 D1 (走廊)	透视	1.99E-02	267	0.25	3.57E+00
			摄影	1.99E-01	45	0.25	
受检者门 M21 外 F1 (通道)		透视	3.31E-02	267	0.25	5.93E+00	
		摄影	3.31E-01	45	0.25		

楼上 I1 (档案室)	透视	1.70E-03	267	0.25	3.05E-01
	摄影	1.70E-02	45	0.25	
楼上 I2 (学术报告厅)	透视	3.23E-03	267	0.25	5.80E-01
	摄影	3.23E-02	45	0.25	
楼下 J1 (CT 第一扫描室)	透视	9.31E-04	267	0.25	1.67E-01
	摄影	9.31E-03	45	0.25	
楼下 J2 (预约登记室)	透视	8.72E-04	267	0.25	1.56E-01
	摄影	8.72E-03	45	0.25	

备注：\*机房外的工作时间按每年最大手术量 1334 例修正，档案室叠加剂量为 8.93E-01 $\mu$ Sv。

根据上述估算结果，第一、第三导管室外主要公众关注点年附加剂量最大值为 8.54 $\mu$ Sv，能满足本评价剂量约束目标值 0.1mSv 的要求。根据剂量与距离平方成反比以及评价范围内固有建筑物的屏蔽，预计周围其它诊疗场所的公众长居留场所的年附加剂量将远小于 8.54 $\mu$ Sv。

综上所述，在第一导管室和第三导管室周围 50m 评价范围内工作人员和公众的年剂量能满足本评价剂量约束目标值（5mSv，0.1mSv）的要求。由此可见，工作人员防护铅衣铅当量和机房屏蔽厚度达到要求情况下，在机房内部和周围的辐射工作人员及公众所接受剂量低于剂量约束值的要求。

### 11.3 异常事件分析与防范建议

#### (1) 事件（故）分析

医用射线装置发生大剂量照射事故的几率极小。DSA 射线装置在运行中，可能发生以下事件：

- 1) 人员误入机房受到不必要的照射；
- 2) X 射线装置工作状态下，没有关闭防护门，对附近经过或停留人员产生误照射。

#### (2) 事件（故）防范措施

针对人员误入机房受到照射的防范措施是：机房防护门上设置电离辐射警示标志、中文警告说明。防护门上方设置工作状态指示灯，并且和防护门连锁。当防护门关闭准备出束时，警示灯自动点亮，以警示人员别误入机房。

针对没有关闭防护门出束的防范措施是：规范工作秩序，严格执行《操作规程》和《辐射防护和安全保卫制度》，此外，辐射防护领导小组每半年一次检查安全规章和制度落实情况，发现问题及时纠正。

当射线装置出束时防护门未关闭或突然被打开，假设联锁故障，防护门附近人员将受到一定量的散射和漏射X射线照射。由于设备出束持续时间短，散射线和漏射线能量有限，加之X射线能量的距离衰减作用，此种偶发情况下人员受照剂量很小，但是容易引发医疗纠纷。一旦出现该种情况，要耐心细致给予解释，防止事态扩大化。

如果出现上述事件，迅速启动应急处理预案，依照应急预案人员和职责、事故处理原则和处理程序等进行处理。

#### 11.4 项目环保验收内容建议

根据项目建设和运行情况，评价单位建议本项目竣工环境保护验收的内容见表11-5。

表11-5 项目环保验收内容建议表

验收内容	验收要求
剂量限值	根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和环评报告预测，公众、职业照射剂量约束值执行 0.1mSv/a 和 5mSv/a 要求。
剂量当量率	机房外 30cm 处周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h。
电离辐射标志和中文警示	在辐射工作场所设有出束工作状态指示灯，防护门外贴有电离辐射警告标志。
布局和屏蔽设计	辐射工作场所建设和布局与环评报告表描述内容一致。辐射工作场所墙和防护门的屏蔽能力满足辐射防护的要求。
辐射安全设施	机房设有工作状态指示灯和电离辐射警告标志等。
监测仪器	配备检测仪器：利用现有的 1 台 X-γ剂量仪，新增辐射工作人员进行个人剂量监测，建立健康档案。
规章制度	已经制定各项安全管理制度、操作规程、工作人员考核计划等。辐射安全管理制度和操作规程得到宣贯和落实。
人员培训	辐射工作人员通过辐射安全与防护考核。
应急预案	辐射事故应急预案符合工作实际，应急预案明确了应急处理组织机构及职责、处理原则、信息传递、处理程序和处理技术方案

	<p>等。配备必要的应急器材、设备。针对使用射线装置过程中可能存在的风险，建立应急预案，落实必要的应急装备。进行过辐射事故（件）应急演练。</p>
--	---

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

### 12.1.1 辐射安全管理小组

医院已经设置了辐射安全与环境保护管理领导小组作为专门管理机构，并指定了专人负责辐射安全与环境保护管理工作。人员构成具体情况见表 1-3 所示。本项目实施后，医院将本项目导管室纳入辐射安全管理范围，导管室负责人负责本项目的日常管理。辐射安全管理小组的职责包括：

(1) 在医院辐射安全防护组组长、副组长的领导下，负责本医院辐射安全防护的管理工作。

(2) 贯彻执行国家、北京市政府部门有关法律、法规、规章、相关标准及有关规定。负责对本医院相关部门和人员进行法律、法规及相关标准的培训、教育、指导和监督检查等工作。

(3) 制定、修订本医院辐射安全防护管理制度及仪器设备操作规程。

(4) 制定、修订辐射事故应急预案，配备相应的事故处理物资仪器、工具，一旦发生辐射意外事故或情况，在辐射安全防护组组长的指挥下负责事故现场的应急处理工作。

(5) 负责办理辐射安全许可证的申请、登记、换证及年审等工作。

(6) 建立射线装置档案，组织医院有关部门和人员对使用的射线装置及剂量监测仪器进行检查和维护保养，保证正常使用。

(7) 对医院从事辐射工作的人员进行条件和岗位能力的考核，组织参加专业体检、培训并取得相应资格证。

(8) 组织实施对从事辐射工作人员的剂量监测，做好个人剂量计定期检测工作，对数据进行汇总、登记、分析等工作。做好医院年度评估报告工作，认真总结、持续改进并上报有关部门。

### 12.1.2 辐射工作人员

医院现有 2 台 DSA，主要开展心血管、外周血管、神内介入、肿瘤介入等治疗工作。目前全院从事介入的辐射工作人员 34 名，其中 22 名医师、6 名技师和 6 名护士。本项目拟在第三导管室搬迁 1 台 DSA、第一导管室新增 1 台 DSA，本项目建成投产后医院 DSA 数量增加至 3 台。由现从事介入的 34

名辐射工作人员进行相关操作。目前，医院现有辐射工作人员都分批参加了辐射安全和防护培训，并通过了考核。医院现有的辐射工作人员培训证到期前和本项目新增的辐射工作人员将在生态环境部培训平台报名参加并通过辐射安全和防护考核，考核合格后方可继续从事辐射工作，同时按照国家相关规定进行个人剂量监测和职业健康检查，建立个人剂量档案和职业健康监护档案，并为工作人员保存职业照射记录。

## **12.2 辐射安全管理规章制度**

医院辐射安全管理严格遵循国家的各项相关规定，针对 DSA 诊疗项目，已制定血管造影机（DSA）操作规程，本项目建成后，将完善辐射监测方案、辐射事故（件）应急预案等辐射安全管理制度，严格执行后能确保 DSA 项目的顺利实施。

## **12.3 辐射监测**

### **12.3.1 个人剂量监测**

医院制订了辐射工作人员个人剂量监测的管理要求，并已将辐射工作人员个人剂量监测工作纳入全院辐射监测计划体系，要求全院辐射工作人员按要求接受个人剂量监测，并建立相应的个人剂量监测档案。

全院辐射工作人员的个人剂量监测工作目前已委托长润放射科技（宁夏）有限公司承担，监测频度为每 1 个季度检测一次。医院严格要求辐射工作人员按照规范佩戴个人剂量计，规定在个人剂量计佩戴时间届满一个监测周期时，由专人负责收集人员佩戴的剂量计送检更换，医院严格按照国家法规和标准进行个人剂量监测和相关的防护管理工作。

### **12.3.2 工作场所和辐射环境监测**

医院拟利用现有的 1 台 X- $\gamma$ 剂量仪用于本项目的自行监测，可以满足医院辐射防护和环境保护的要求。

### **12.3.3 本项目工作场所自行监测方案**

医院针对本次 DSA 项目，拟建立辐射环境自行监测方案，导管手术室工作人员使用便携式辐射巡测仪，对辐射工作场所进行监测，方案如下：

- （1）监测项目：X 射线剂量率水平
- （2）检测设备：X- $\gamma$ 剂量仪

(3) 检测频次：剂量率水平检测每年不少于 1 次

本项目涉及工作场所的监测布点：监测点位如图 12-1，主要是机房的周边、楼上、楼下、特别是控制室和防护门处。测量结果连同测量条件、测量方法和仪器、测量时间等一同记录并妥善保存，并根据标准要求，每年进行一次设备状态检测。监测计划见表 12-1。

表 12-1 本项目辐射工作场所自行监测计划

场所	测点编号	测点位置	剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	检测频次
第一导管室	1	控制室门外		1 次/年
	2	受检者门外		1 次/年
	3	设备间门外		1 次/年
	4	观察窗		1 次/年
	5	东墙第三导管室		1 次/年
	6	南墙外控制室		1 次/年
	7	西墙外走廊		1 次/年
	8	北墙外走廊		1 次/年
	9	楼上档案室		1 次/年
	10	楼下 CT 操作间		1 次/年
第三导管室	11	控制室门外		1 次/年
	12	受检者门外		1 次/年
	13	设备间门外		1 次/年
	14	观察窗		1 次/年
	15	东墙外污物间		1 次/年
	16	南墙外控制室		1 次/年
	17	西墙第一导管室		1 次/年
	18	北墙外走廊		1 次/年
	19	楼上档案室		1 次/年
	20	楼上学术报告厅		1 次/年
	21	楼下 CT 第一扫描室		1 次/年
	22	楼下预约登记室		1 次/年

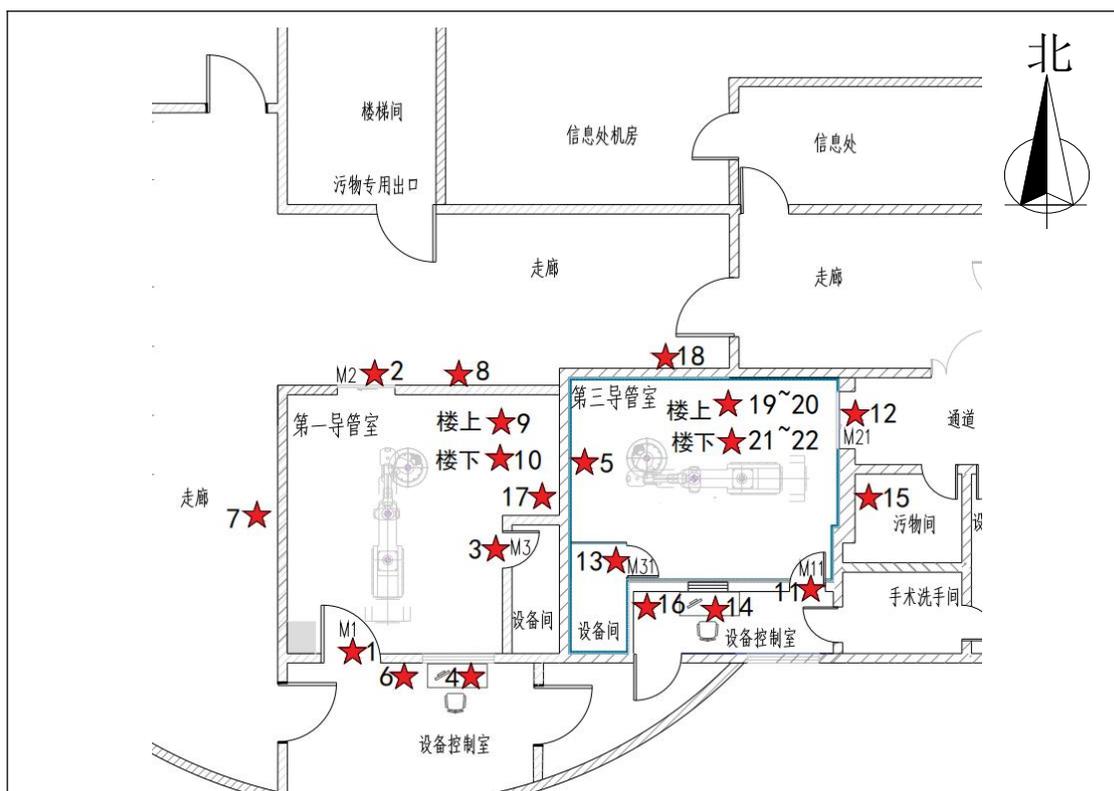


图 12-1 DSA 机房周围自行检测点位图

#### 12.4 辐射事故应急管理

医院已制定《辐射事故（件）应急预案》，包含对 DSA 项目的辐射事故应急管理相关内容，依据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的要求，一旦发生辐射事故时，能迅速采取必要和有效的应急响应行动，妥善处理，保护工作人员和公众的健康与安全，同时在应急预案中进一步明确规定处理的组织机构及其职责分工、事故分级、应急措施、报告程序、联系方式等内容，能够满足医院实际辐射工作的需要。

发生辐射事故时，应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要防范措施，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健康部门报告。医院将每年至少组织一次应急演练。

表 13 结论与建议

### 13.1 结论

#### 13.1.1 实践正当性分析

北京航天总医院拟在二号住院楼西侧影像中心二层第一导管室（辐射安全许可证登记场所为：影像中心（导管室））新增 1 台 DSA（布局不做改动），将二号住院楼西侧影像中心二层肠胃室（医用 X 射线机已拆除，存放至影像中心地下一层）及医生工作室改造成第三导管室及其相关场所，搬迁影像中心第一导管室原有的 1 台 DSA 至第三导管室使用，用于介入诊疗。血管造影机为很成熟的医用 X 射线设备，尽管 X 射线对人体有少许危害，但是借助 DSA 可以辅助医学诊断治疗，所获利益远大于其危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“实践正当性”的要求。

#### 13.1.2 选址合理性分析

本项目涉及的第一、第三导管室均位于医院二号住院楼西侧影像中心二层，评价范围 50m 区域都是医院内部，项目场址环境辐射本底未见异常，选址充分考虑了患者诊疗的便利性以及周围场所的防护与安全，对公众影响较小。因而从辐射环境保护方面论证，该项目选址是可行的。

#### 13.1.3 辐射防护屏蔽能力分析

通过对第一、第三导管室的辐射屏蔽措施分析可知，机房外周围剂量当量率均不超过  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，并设置门-灯-机联锁、工作状态指示及电离辐射警示等措施，符合辐射安全防护的要求。

#### 13.1.4 辐射环境评价

（1）根据现场监测和估算结果可知，DSA 运行后，预计工作人员和公众的年受照剂量均低于相应剂量约束限值（ $5\text{mSv/a}$ 、 $0.1\text{mSv/a}$ ），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。对于辐射工作人员年受照剂量异常情况，单位应该进行调查并报生态环境部门备案。

（2）本项目 DSA 正常运行（使用）情况下，不产生放射性废气、放射性废水和放射性固废。

（3）辐射安全防护管理：医院已设辐射安全与环境保护管理机构，负责

全院的辐射安全管理和监督工作。医院已制定操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、人员培训考核计划、健康体检制度、辐射事故应急预案和设备检修维护等制度。

(4) 与《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的规定对照检查，满足要求。

### **13.1.5 结论**

综上所述，北京航天总医院新增及搬迁使用II类射线装置项目，相应的辐射安全和防护措施基本可行，在落实项目实施方案和本报告表提出的污染防治措施及建议前提下，其运行对周围环境产生的辐射影响，符合环境保护的要求。故从辐射环境保护角度论证，本项目的运行是可行的。

### **13.2 承诺**

(1) 加强本单位的辐射安全管理，发现问题，及时整治，完善管理制度，落实管理责任。

(2) 严格按照工程设计施工，保证工程建设质量。

(3) 严格按照辐射监测方案定期对辐射工作场所和参与辐射工作的工作人员进行监测，并将监测记录保存留档；

(4) 项目竣工后按照生态环境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，并接受生态环境主管部门的监督检查。

(5) 在辐射项目运行中决不容许违规操作和弄虚作假等现象发生，如若发现相关现象接受相关处理。对于辐射工作人员年受照剂量异常情况，单位进行调查并报生态环境部门备案。

