

核技术利用建设项目

新增使用 3 台 DSA 项目  
环境影响报告表

北京大学第三医院（北京大学第三临床医学院）

2022 年 11 月

环境保护部监制

核技术利用项目

# 新增使用 3 台 DSA 项目 环境影响报告表

建设单位名称：北京大学第三医院（北京大学第三临床医学院）

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：北京市海淀区花园北路 49 号

邮政编码：100191

联系人：刘晓丹

电子邮箱：m15911064702@163.com

联系电话：13601103622

打印编号: 1667188364000

## 编制单位和编制人员情况表

项目编号	ng4njp		
建设项目名称	北京大学第三医院（北京大学第三临床医学院）新增使用3台DSA		
建设项目类别	55--172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
<b>一、建设单位情况</b>			
单位名称（盖章）	北京大学第三医院（北京大学第三临床医学院）		
统一社会信用代码	12100000400011489N		
法定代表人（签章）	乔杰		
主要负责人（签字）	乔杰		
直接负责的主管人员（签字）	刘晓丹		
<b>二、编制单位情况</b>			
单位名称（盖章）	国家卫生健康委职业安全卫生研究中心		
统一社会信用代码	121000004009028982		
<b>三、编制人员情况</b>			
<b>1. 编制主持人</b>			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
彭建亮	2016035110350000003510110060	BH009560	
<b>2. 主要编制人员</b>			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
彭建亮	表1-10	BH009560	
赵锡鹏	表11-13、附件、附图	BH052545	

## 目 录

表 1 项目概况.....	1
表 2 放射源.....	14
表 3 非密封放射性物质.....	15
表 4 射线装置.....	16
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....	17
表 6 评价依据.....	18
表 7 保护目标与评价标准.....	20
表 8 环境质量和辐射现状.....	28
表 9 项目工程分析与源项.....	30
表 10 辐射安全与防护.....	33
表 11 环境影响分析.....	40
表 12 辐射安全管理.....	51
表 13 结论与建议.....	55
表 14 审批.....	57

表 1 项目概况

建设项目名称		新增使用 3 台 DSA 项目			
建设单位		北京大学第三医院（北京大学第三临床医学院）			
法人代表		乔杰	联系人	刘晓丹	联系电话 13601103622
注册地址		北京市海淀区花园北路 49 号			
项目建设地点		北京市海淀区亮甲路 3 号地块，海淀区北部医疗中心 2#楼三层复合手术室、地下一层导管 1 室和导管 2 室。			
立项审批部门		无		批准文号	无
建设项目总投资（万元）		3000	项目环保投资（万元）	300	投资比例（环保投资/总投资） 10%
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> ） 290
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	无				

**1.1 单位概况**

北京大学第三医院（北京大学第三临床医学院）（以下简称“北医三院”或“医院”）建于 1958 年，集医疗、教学、科研、预防、康复与保健为一体的综合性三甲医院，医院本部位于北京市海淀区花园北路 49 号。截至 2022 年 10 月，医院平均开放床位数 2332 张。医院设有 37 个临床科室，10 个医技科室。有 34 个博士点、1 个临床博士后流动站。北医三院脊柱外科是国内最强的学科，生殖医学中心的治疗方法最全面、规模是国际最大之一，中国大陆首例试管婴儿在此诞生。运动医学研究所是新中国最早成立、国内唯一的中国奥委会指定运动员伤病防治中心。眼科在眼外伤、角膜移植、白内障和青光眼等方面处于国内第一方阵；消化科在溃疡病发病机制研究及治疗、早期胃癌的诊疗等

领域居国内前列；心血管内科在冠心病介入治疗、心脏病康复治疗、心血管临床与基础协调发展等方面成绩突出；成形科、职业病科是国内率先成立的临床特色学科。

## 1.2 核技术利用及辐射安全管理现状

### 1.2.1 核技术利用现状情况

北医三院已取得了北京市生态环境局颁发的《辐射安全许可证》（京环辐证[F0061]，有效期至2024年3月7日），许可的种类和范围是：使用III类、V类放射源，使用II类、III类射线装置，乙级、丙级非密封放射性物质工作场所。

北医三院已许可的射线装置情况见表1-1。

表1-1 北医三院已许可的射线装置

序号	名称	类别（类）	数量（台）	备注
1	移动 G 形 X 线定位机	III	2	使用
2	医用 X 射线机	III	26	使用
3	MicroSPECT/CT 机	III	1	使用
4	泌尿透视摄影（DR）	III	1	使用
5	X 光模拟定位机	III	1	使用
6	厢式 X 射线机（车载专用）	III	1	使用
7	医用 CT 机	III	13	使用
8	X 线泌尿碎石定位机	III	2	使用
9	口腔 CT	III	4	使用
10	射波刀	II	1	使用
11	移动 C 型臂 X 线定位机	III	26	使用
12	牙片机	III	9	使用
13	CT（ECT 配套）	III	1	使用
14	X 线骨密度仪	III	3	使用
15	数字胃肠	III	3	使用
16	DSA 血管造影机	II	6	使用
17	直线加速器	II	3	使用
18	CT（PET 配套）	III	1	使用
19	定位 CT	III	1	使用
20	X 线移动床旁机	III	8	使用
合计		/	101	/

北医三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 北医三院已许可使用的非密封放射性物质

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)
核医学科	乙	Ga-67	3.7E+7	4.5E+10
		F-18	1.11E+8	2.6E+12
		I-124	3.7E+5	9.3E+8
		Ga-68	1.85E+7	3.7E+11
		Ra-223	2.75E+8	1.65E+9
		H-3	3.7E+5	9.3E+9
		P-32	1.85E+7	4.6E+10
		Sr-89	3.0E+7	7.4E+10
		Cu-64	7.7E+5	1.8E+9
		Ti-201	3.7E+6	9.25E+8
		I-131	1.85E+8	2.8E+11
		Re-188	1.5E+7	3.7E+10
		Tc-99m	2.4E+8	5.3E+12
		Cr-51	3.7E+5	8.9E+8
		I-123	1.1E+6	2.7E+9
		In-111	7.4E+5	1.8E+9
		I-125	1.8E+5	4.4E+8
Sm-153	5.6E+7	1.4E+10		
核医学科	丙	I-125	7.4E+4	1.9E+8
MicroSPECT/ CT 实验室	丙	Tc-99m	1.11E+6	2.22E+9
		I-123	3.7E+5	1.11E+9
肿瘤放疗科	乙	I-125 粒子	2.8E+8	5.2E+11
放射免疫研究 室	丙	I-125	7.4E+4	1.85E+8
		H-3	7.4E+3	7.4E+7

北医三院已许可的放射源使用情况见表 1-3。

表 1-3 北医三院已许可使用的放射源

序号	核素	类别	活度 (Bq)	(枚数)	备注
1	Co-57		1.85E+06	1	使用
2	Ge-68	V	7.40E+7	2	使用
3	Ge-68	V	9.25E+7	1	使用

4	Co-57	V	1.17E+8	1	使用
5	Ir-192	III	3.70E+11	1	使用
6	Co-57	V	2.96E+6	1	使用
7	Gd-153	V	3.70E+8	1	使用

### 1.2.2 近几年履行环保审批情况

北医三院近五年以来环评项目落实情况见表 1-4。

表 1-4 建设项目竣工验收落实情况

序号	环评批复文号/备案号	项目名称	类别	竣工验收文号	备注
1	京环审(2016)13号	新增使用II类医用射线装置项目	报告表	/	已完成自主验收
2	201911010800002699	新增、更新III类射线装置项目	登记表	/	已登证
3	201911010800002672	新增、更新III类射线装置项目	登记表	/	已登证
4	201911010800002671	更新 SPECT/CT 及三枚校准源	登记表	/	已登证
5	202011010800000127	新增、迁址使用III类射线装置项目	登记表	/	已登证
6	202011010800000340	新增使用场所及III类射线装置	登记表	/	已登证
7	202011010800000339	新增、更新III类射线装置项目	登记表	/	已登证
8	202011011500004034	新增、更新III类射线装置项目	登记表	/	已登证
9	202011010800004695	新增、更新III类射线装置项目	登记表	/	已登证
10	202011010500005035	新增、更新III类射线装置项目	登记表	/	已登证
11	202111010800000259	新增、更新III类射线装置项目	登记表	/	已登证
12	202111010800000302	新增、更新III类射线装置项目	登记表	/	已登证
13	202111010800000372	新增核素项目	登记表	/	已登证
14	202111010800000412	新增、更新III类射线装置项目	登记表	/	已登证
15	202111010800000509	新增、更新III类射线装置项目	登记表	/	已登证
16	202111011500000989	新增、更新III类射线装置项目	登记表	/	已登证
17	202111010800001044	新增、更新III类射线装置项目	登记表	/	已登证

18	202211010500001321	新增、更新Ⅲ类射线装置项目	登记表	/	已登证
19	202211010800001552	新增、更新Ⅲ类射线装置项目	登记表	/	已登证
20	202211010500001315	新增、更新Ⅲ类射线装置项目	登记表	/	已登证
21	202211010800001951	新增、更新Ⅲ类射线装置项目	登记表	/	已登证
22	202211010500001425	新增、更新Ⅲ类射线装置项目	登记表	/	已登证
23	京环审(2021)11号	新增使用Ⅱ类医用射线装置项目	报告表	/	已完成自主验收
24	京环审 20220032	机场院区2号楼使用Ⅱ类射线装置	报告表	/	已完成自主验收

### 1.2.3 辐射安全管理现状

#### 1.2.3.1 辐射安全和防护管理机构

为了加强辐射安全和防护管理工作，促进射线装置安全使用，北医三院专门成立了辐射防护领导小组，由副院长付卫担任组长，介入血管外科、医务处、心内科、放射科、核医学科、肿瘤放疗科、总务处、肿瘤化疗与放射病科、骨科、血管处、医工处等部门的相关人员担任组员，并指定医务处负责辐射安全管理工作，辐射防护领导小组成员名单见表 1-5。

表 1-5 北医三院辐射防护领导小组成员名单

职位	姓名	职务或职称	专业	工作部门	专/兼职
组长	付卫	副院长	临床医学	普通外科	兼职
组员	巨睦	处长	管理	保卫处	兼职
	肖晗	副研究员	科研	血管所	兼职
	许锋	处长	工程	医工处	兼职
	田耘	主任医师	临床医学	骨科	兼职
	曹宝山	主任	临床	肿瘤化疗与放射病科	兼职
	闫石	处长	管理	总务处	兼职
	王俊杰	主任	临床	肿瘤放疗科	兼职
	肖卫忠	院区院长	临床	党校院区	兼职
	张卫方	主任	临床	核医学科	兼职
	郭秀军	主任	临床	第二门诊部	兼职
	王斌	副处长	管理	保卫处	兼职
	张纯	处长	临床	科研处	兼职
	袁慧书	主任	临床	放射科	兼职
	王贵松	副主任	临床	心内科	兼职
栾景源	副主任	临床	介入血管外科	兼职	

	胥雪冬	处长	管理	医务处	兼职
	钟源	科员	管理	医务处	专职

### 1.2.3.2 规章制度建设及落实

北医三院结合医院实际情况，已制定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岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、辐射工作人员个人剂量监测和职业健康管理制、射线装置台账管理制度、辐射监测方案、辐射工作场所及射线装置检修维护制度、放射性废物管理制度和辐射安全事故应急预案等，并严格按照规章制度执行。

### 1.2.3.3 辐射安全与防护考核

北医三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共 409 人分批通过了辐射安全和防护考核并取得合格证书。

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

北医三院现有辐射工作人员的个人剂量监测工作已委托北京市疾控中心承担，监测频度为每 3 个月检测一次。医院最近一次年度（2021 年）个人剂量检测报告表明，医院辐射工作人员该年度个人剂量最大为 1.04mSv，未超过医院年剂量管理目标值（5mSv），满足辐射安全管理要求。开展个人剂量监测的人员，包含新引进辐射工作人员、进修人员等，部分进修人员、新增辐射工作人员的工作时间较短，存在不到四个季度的个人剂量检测结果的情况。医院规定如果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

北医三院已制定辐射工作场所监测制度和自行监测记录方案，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生态环境局。

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设备性能检测一次，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。

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 1-6。

表 1-6 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	个人剂量报警仪	RAD-60s	2012-01-31	正常	1
2	个人剂量报警仪	1233-219	2012-01-31	正常	1
3	环境 X、 $\gamma$ 剂量率仪	BH3103B	2007-02-28	正常	1
4	表面沾污仪	MONITOR4/4EC	2007-02-28	正常	1
5	个人剂量率仪	BH3084B	2007-02-28	正常	2
6	表面沾污仪	FJ-2201 型	1998-01-31	正常	1
7	$\beta/\gamma$ 表面污染检测仪	LB124	2008-12-01	正常	1
8	固定式剂量监测仪	REN300A	2016-01-06	正常	3
9	电离室巡测仪	FLUKE 451P	2012-05-01	正常	1
10	个人剂量报警仪	FJ2000	2021-05-25	正常	3
11	个人剂量报警仪	PM1621	2012-05-31	正常	1
12	热释光剂量仪	TLD 3500	2012-05-01	正常	1
13	便携式 X、 $\gamma$ 剂量率仪	JB4000	2021-06-03	正常	1
14	辐射监测仪	RADIATION ALERT	2012-01-31	正常	1
15	电离室巡测仪	RTI SM	2015-11-01	正常	2
16	个人剂量报警仪	PM1621	2015-07-01	正常	4
17	X、 $\gamma$ 射线报警仪	SB-1	2021-05-25	正常	1

本项目运行后，将纳入医院辐射工作场所的监测范围，计划新增配置 1 台便携式检测仪用于北部医疗中心院区 DSA 项目自行监测，并按照 1 次/年的频度开展。

### 1.2.3.6 辐射事故应急管理

北医三院依据《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《北医三院辐射事故（件）应急预案》，以保证本单位一旦发生辐射意外事件时，即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医院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，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行政部门报告。

### **1.2.3.7 其他情况**

2021 年度，北医三院较圆满地完成了各项辐射安全防护工作，依据相关法律法规对单位射线装置的安全和防护状况进行了年度评估，编写并提交了年度评估报告。

## **1.3 项目概况**

### **1.3.1 海淀区北部医疗中心项目建设背景**

北京大学第三医院始建于 1958 年，是国家卫生健康委员会委管医院，是集医疗、教学、科研和预防保健为一体的现代化综合性三级甲等医院。其本部位于中心城区，编制床位 1300 张，2017 年医院门急诊总量达到 395.8 万人次，日均门急诊量 13986 人次，年出院病人 103026 人次，年手术量 137261 例，病床总使用率 94.05%，平均住院天数 5.78 天，体检总人数 48137 人次。北京市海淀区妇幼保健院始建于 1983 年，位于中心城区，编制床位 460 张，承担着海淀地区 300 多万常住人口及 100 多万流动人口的妇幼保健任务，承担着海淀区 22 个街道和 7 个乡镇近 200 家孕产妇及儿童保健单位、99 家妇女病防治单位、80 家计划生育手术单位、19 家助产机构工作的质量监督，是全区的妇幼保健技术指导中心和业务培训中心；2017 年年门急诊量约 64.5 万人次，年分娩量 1.2~1.5 万余人次，连续多年稳居北京市各区妇幼保健院首位。从上述数据可以看出，在五环内的中心城区，北医三院和北京市海淀区妇幼保健院对人口集聚的作用相对明显，可在满足周边百姓基本医疗服务需求的基础上，疏解一定数量床位。

与此同时，海淀北部地区医疗资源薄弱，医疗服务供给能力与人民群众日益增长的健康要求存在较大差距，已成为影响民生事业的短板。海淀北部地区

医疗卫生事业发展存在的主要问题，一是缺乏优质医疗资源，人均医疗资源占有量低；二是医疗服务水平不高，在诊疗能力、就医环境、学科建设等方面存在不足，优质医疗卫生资源总量总体不足；三是卫生人才总量不足，高水平领军人才缺乏，基层医护人员配备不足；四是基础设施建设水平滞后。

基于上述背景，北京市海淀区卫生健康委员会决定在海淀区西北旺镇亮甲店 3 号地块建设海淀区北部医疗中心，规划床位 800 张，本项目建成后由海淀区妇幼保健院和北医三院共同运营，两家单位各运营 400 张床。海淀北部医疗中心开诊时，北医三院应核减本院区床位 100 张，海淀区妇幼保健院应核减本院区床位 310 张。本项目的建设，既可以缓解妇幼保健院基础设施落后、制约学科发展的问题，也是妇幼保健院和北医三院医疗技术和服务功能的延伸和补充；也是北京市非首都功能疏解，中心城区优质医疗资源转移的关键举措；同时，还可提升海淀北部新区承载力，发挥辐射带动作用，在一定程度上提升区域内的医疗服务能力。

### **1.3.2 项目工程概况**

海淀区北部医疗中心项目总用地面积 75138.251m<sup>2</sup>，总建筑面积 182998m<sup>2</sup>，其中地上建筑面积 82652m<sup>2</sup>、地下建筑面积 100346m<sup>2</sup>。建设内容包括海淀妇幼医疗综合楼（1#楼）、北医三院医疗综合楼（2#楼）、生殖中心（3#楼）、发热和肠道门诊楼（4#楼）和其他辅助设施等。其中，北医三院部分（即北医三院北部医疗中心院区）位于医疗中心 2#楼和 4#楼，见图 1-1。海淀区北部医疗中心建设工程预计 2024 年竣工，2025 年底投入使用。



图 1-1 海淀区北部医疗中心总体布局示意图

海淀区北部医疗中心项目审批情况：2018年8月16日取得了《北京市规划和国土资源管理委员会海淀分局关于海淀区北部医疗中心和苏家坨中心医院建设项目征求规划意见的复函》（市规划国土海函[2018]242号）；2018年8月20日取得了《北京市卫生和计划生育委员会关于海淀区北部医疗中心综合床位的批复》（京卫医[2018]136号）；2019年9月24日取得了《北京市发展和改革委员会关于海淀区北部医疗中心建设工程建设项目前期工作函》（京发改（前期）[2019]40号），2020年2月21日取得了《北京市发展和改革委员会关于海淀区北部医疗中心建设工程项目建议书的批复》（京发改（审）[2020]46号）；2021年12月3日取得了《北京市规划和自然资源管理委员会海淀分局建设工程规划许可证》（建字第110108202100199号）。

2020年10月16日，项目取得了《北京市海淀区生态环境局关于对海淀区北部医疗中心建设工程环境影响报告书的批复》（海环审字 20200047号）。

### 1.3.3 本项目环境影响评价内容

北医三院北部医疗中心院区拟在 2#楼三层中心手术部新建 1 个复合手术室，地下一层介入导管室新建 2 个 DSA 机房，新增 3 台 DSA 开展相关介入检查和治疗，本项目射线装置情况见表 1-7。

表 1-7 本项目 DSA 情况表

序号	工作场所	位置	设备型号	生产厂家	管电压 (kV)	电流 (mA)	备注
1	复合手术室	2#楼三层中部	待定	待定	125	1000mA	新增
2	导管DSA1室	2#楼地下一层 东南角	待定	待定	125	1000mA	新增
3	导管DSA2室		待定	待定	125	1000mA	新增

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,国家卫生健康委职业安全卫生研究中心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。单位有专职环评工程师,有能力开展环境影响评价工作。受医院的委托,评价机构环评人员在现场踏勘、监测、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。

#### 1.3.4 项目建设正当性和必要性

介入放射学是基于影像学而融影像诊断与介入性治疗为一体的学科,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。DSA 设备是临床介入治疗的必备装置,应用范围非常广泛,神经科、心内科、普外科、肿瘤科、血管外科等很多科室都有进行介入治疗的诉求。北医三院北部医疗中心院区成立后,拟新配置 3 台带 DSA 设备,以满足海淀区北部人民群众对神经内科、神经外科、心血管内科、外周血管的介入诊疗需求,使广大患者享受到高质量、便捷的医疗服务,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。

#### 1.3.5 开展新项目的技术能力

##### (1) 设备工作负荷及人员配备

按照北京大学第三医院集团化发展的宗旨,本着本部与各直属院区间医疗服务与教科研工作一体化、同质化运行的发展原则,直属院区按照三级甲等医院标准管理和运营,以“小综合,大专科”模式设置学科。北医三院北部医疗中

心院区建成后将是北医三院的直属院区，由北医三院本部延伸管理。其中 DSA 介入诊疗工作主要由心内科和介入血管外科延伸管理。

**工作负荷：**根据北医三院统计，近 2 年 DSA（共 6 台）介入诊疗手术约为 4000 余例，主要为心内科和介入血管外科手术，平均每台 DSA 手术量不大于 1000 例，北部医疗中心院区（400 张床位）运行后预计每年 DSA 手术量总计不超过 2000 例，每台 DSA 手术量不超过 1000 例。每台设备由 2 组人员使用，每组人员手术量保守按 500 台考虑。

**人员配备：**北医三院北部医疗中心院区预计 2025 年底投入使用，该院区新增的 3 台 DSA 由北医三院心内科和介入血管外科延伸管理。医院计划按照“4 人一组（2 名医生、1 名技师和 1 名护士）”、每台 DSA 2 组工作人员来进行人员配置，共计划配备 24 名辐射工作人员。其中新增 6 名技师和 6 名护士，只在北部医疗中心院区工作；医师由北医三院本部调配和北部医疗中心院区新增，实现“以老带新”模式发展，总共配置 12 名医师。北医三院本部调配医师可能同时开展本部、机场院区以及北部医疗中心院区介入工作，个人剂量计将跟随本人，一致佩戴，确保能够记录工作期间的全部受照剂量。

**检测仪器配备：**本项目拟新配备 1 台便携式辐射监测仪，用于北部医疗中心院区开展 DSA 机房的自行监测。

### **1.3.6 项目选址与周围环境**

本项目建设地点位于北京市海淀区亮甲店地区 3 号地块，四至范围：东临永丰路，南临西北旺镇北环路，西临北京海淀妇幼保健院北部医疗中心院区，北临六里屯南路，见图 1-2 所示。本项目 3 台 DSA 均位于 2# 楼内部，距周围环境敏感点较远，评价范围内无学校、居民楼、养老院等敏感目标，无商场和超市等人员密集场所。

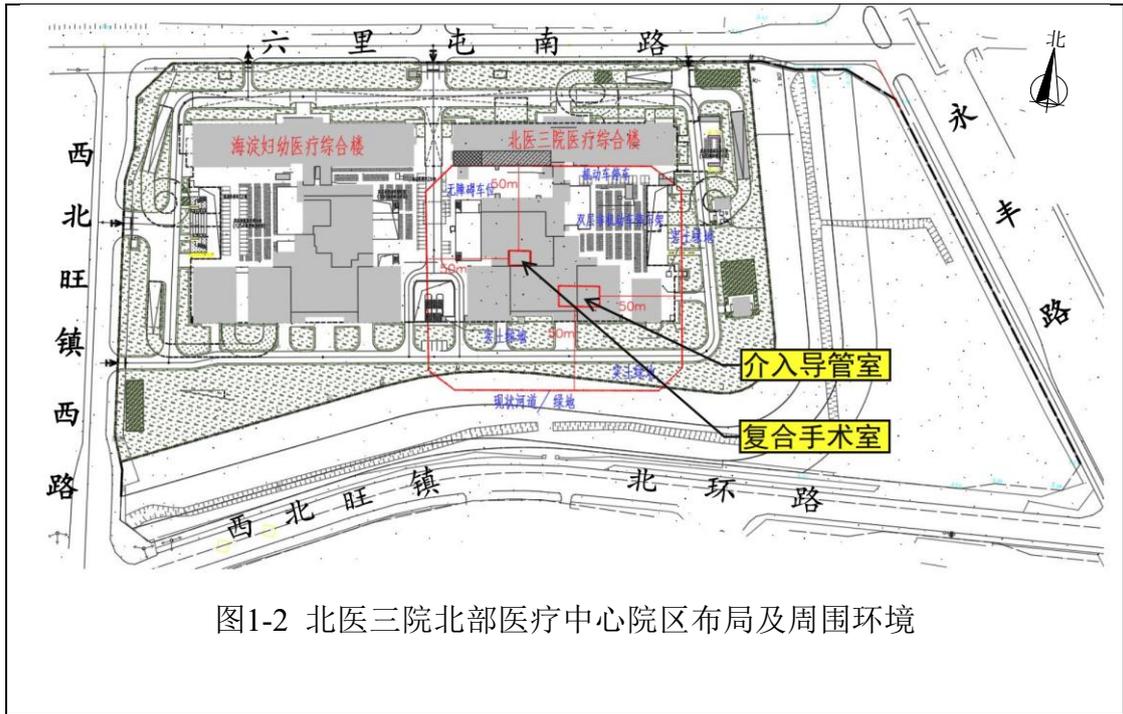


图1-2 北医三院北部医疗中心院区布局及周围环境

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	日等效最大操作量	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	待定	125	1000	介入诊疗	北部医疗中心院区2#楼地下一层介入导管室DSA1室	—
2	血管造影机	II类	1	待定	125	1000	介入诊疗	北部医疗中心院区2#楼地下一层介入导管室DSA2室	—
3	血管造影机	II类	1	待定	125	1000	介入诊疗	北部医疗中心院区2#楼三层中心手术部复合手术室	—

(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 ( $\mu$ 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	
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》，2015 年 1 月 1 日。</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日。</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日。</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》，2017 年 10 月 1 日。</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，2019 年 3 月 2 日。</p> <p>(6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，2021 年 1 月 1 日。</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，2021 年 1 月 4 日。</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，2011 年 4 月 18 日。</p> <p>(9) 《关于发布&lt;射线装置分类&gt;的公告》，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 11 月 1 日。</p> <p>(12) 《北京市禁止违法建设若干规定》，北京市政府第 295 号令，2020 年；</p> <p>(13) 《北京市辐射工作场所辐射环境自行监测办法（试行）》，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>技术标准</p>	<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) 《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）；</p>

	(4) 《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)。
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) 北医三院提供的建筑结构设计图以及与建设项目相关的其他技术资料，2022 年 10 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

本项目为北医三院北部医疗中心院区新增 3 台 DSA。

### 7.1.2 关注问题

- (1) 机房屏蔽厚度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射线装置安全使用要求。

### 7.1.3 评价因子

主要为 X 射线。

### 7.1.4 评价范围

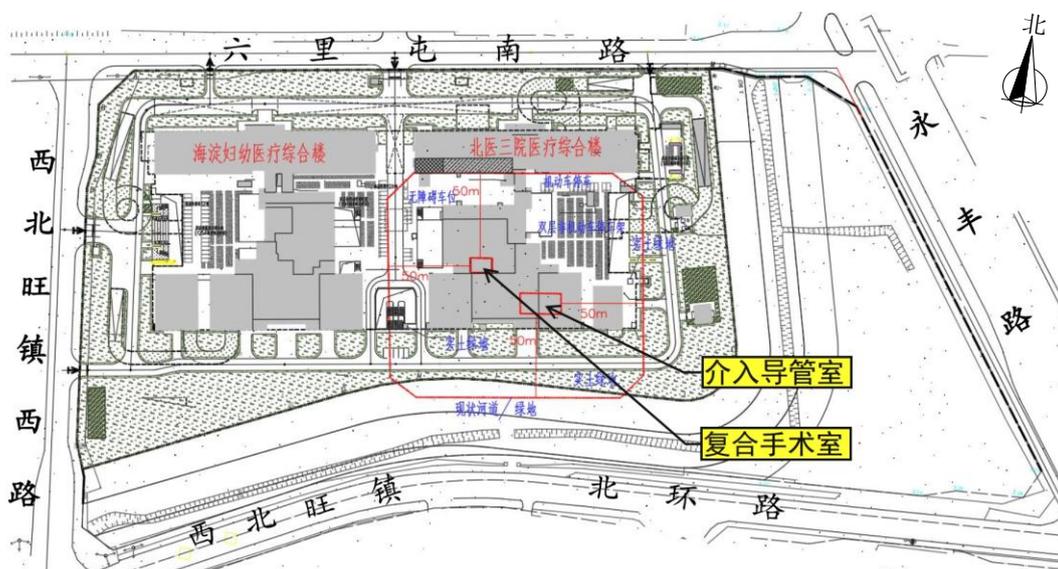


图 7-1 本项目评价范围示意图

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 机房外周围 50m 区域,见图 7-1 所示,评价范围内所有区域均属医疗中心内部。

## 7.2 环境保护目标

本项目 3 个 DSA 手术室分别位于北医三院北部医疗中心院区 2#楼三层复合手术室和地下一层介入导管室 DSA1 室、DSA2 室。复合手术室 DSA 机房

毗邻关系见图 7-2 至图 7-4，机房东侧为缓冲间、无菌放房间、物流井和电梯，南侧为患者通道，西侧为 UPS 间和设备间，北侧为铅衣存放间和控制室，楼上为设备夹层，楼下为走廊、视频脑电、汇聚间和更衣室；地下一层介入导管室 DSA 机房毗邻关系见图 7-5 至图 7-7，其中 DSA1 室东侧为设备间和控制室，南侧为走廊，西侧为设备间、污物间和强电井，北侧为走廊，楼上为空地、办公区和诊室，楼下为骨科研究室；DSA2 室东侧为走廊，南侧为走廊，西侧为控制室，北侧为污物间、电井和风井，楼上为接诊区、治疗准备室、药房和留观抢救室，楼下为骨科研究室和污泵间。

根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。

表 7-1 本项目评价范围内主要保护目标

场所名称	保护目标	距离(m)	常居留人数	方位	评价范围内主要建筑或场所
复合手术室	工作人员	紧邻	5	北侧	控制室、铅衣存放间
	公众	0~50	50	北侧	手术室、户外（三层外）
	公众	0~50	50	南侧	隔患者通道为手术室、户外（三层外）
	公众	0~50	50	西侧	UPS 间、设备间和户外（三层外）
	公众	0~50	50	东侧	缓冲间、无菌放房间、物流井、电梯和户外（三层外）
	公众	紧邻	2	楼上	楼上为设备夹层
	公众	紧邻	10	楼下	楼下为走廊、视频脑电、汇聚间和更衣室。
DSA1 室	工作人员	0~20	7	东侧	控制室、DSA2 机房
	公众	0~30	10	东侧	设备间、DSA2 机房、污物间、主任办公室、卫浴室。
	公众	0~50	50	北侧	隔为走廊为康复科第二大厅值班室
	公众	0~50	50	南侧	隔为走廊排烟机房和耗材库
	公众	0~50	50	西侧	DSA 设备间/污物间/强电井、MRI 检查室和放射科候诊区
	公众	紧邻	50	楼上	一层走廊、办公区和诊室
	公众	紧邻	5	楼下	骨科研究室
DSA2 室	工作人员	紧邻	5	西侧	控制室
	公众	0~50	50	西侧	DSA1 机房、DSA1 设备间/污物间/强电井、MRI 检查室
				东侧	主任办公室、卫浴室

				南侧	示教室
公众	0~50	50	北侧	污物间/电井和风井、衣物设备间和下沉广场。	
公众	紧邻	50	楼上	接诊区、治疗准备室、药房和留观抢救室。	
公众	紧邻	10	楼下	骨科研究室和污泵间	

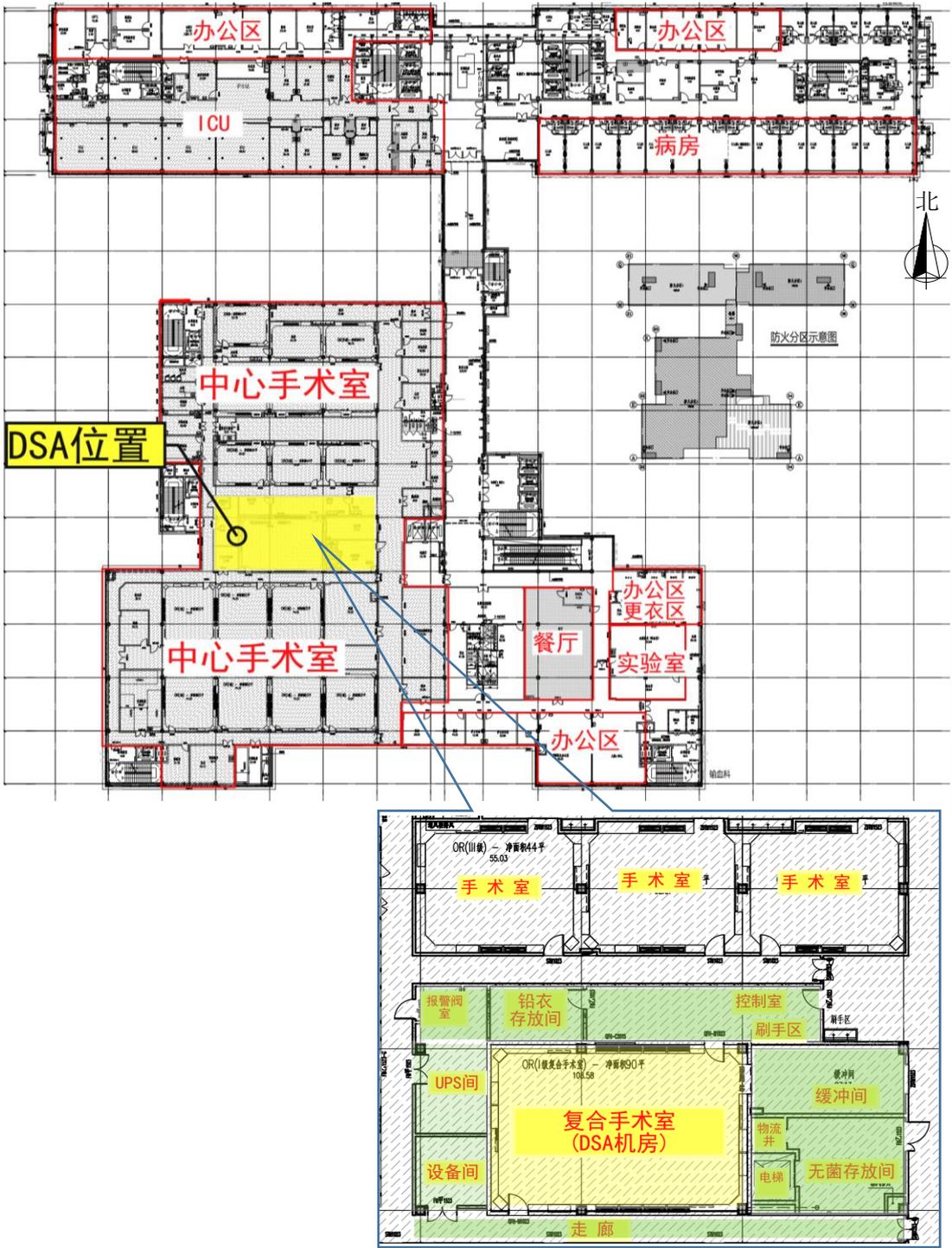


图 7-2 复合手术室所在 2#楼三层平面布局图

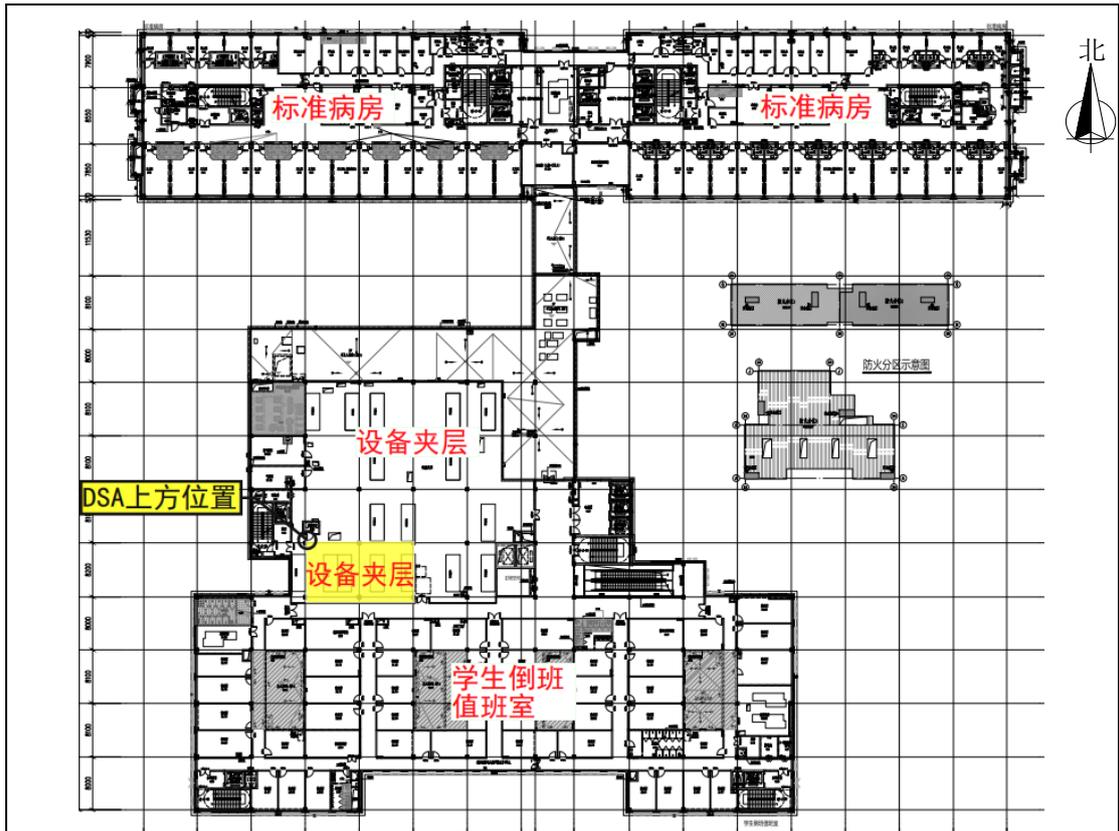


图 7-3 2#楼四层平面布局图（复合手术室楼上）

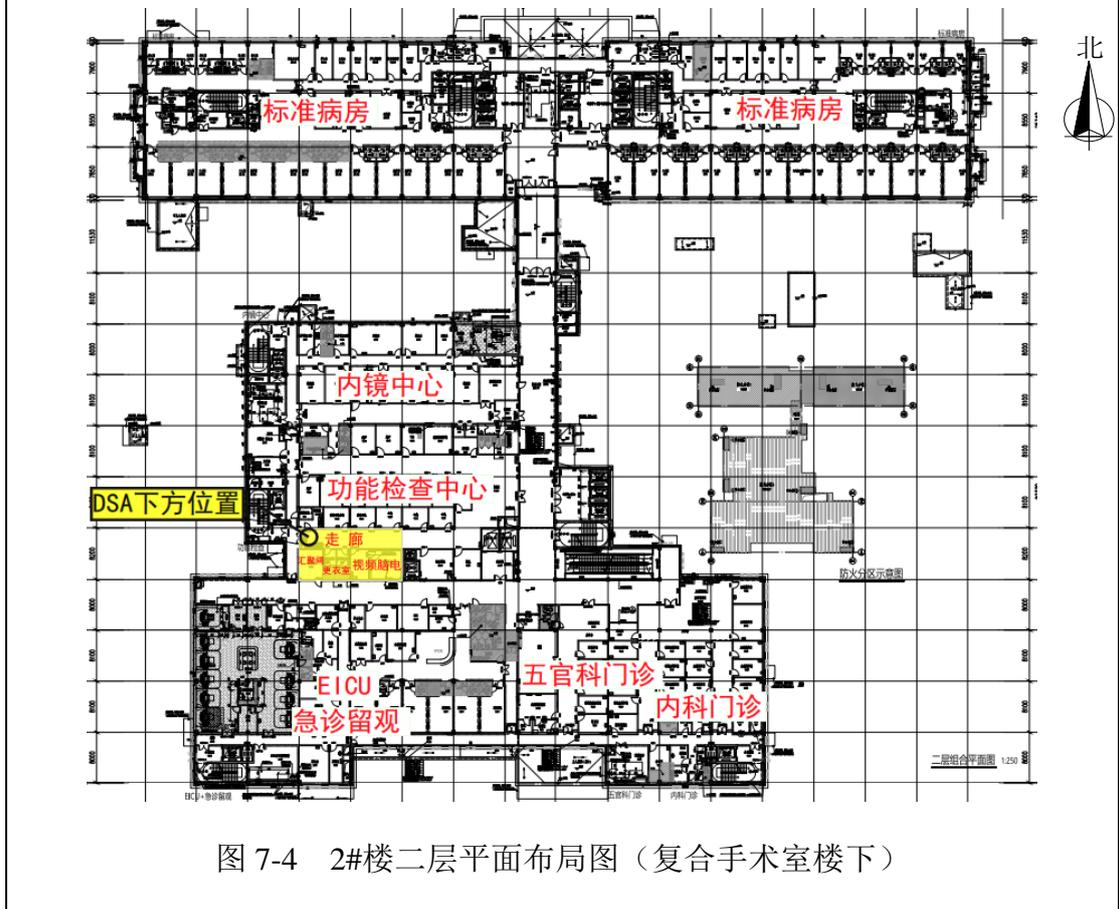


图 7-4 2#楼二层平面布局图（复合手术室楼下）

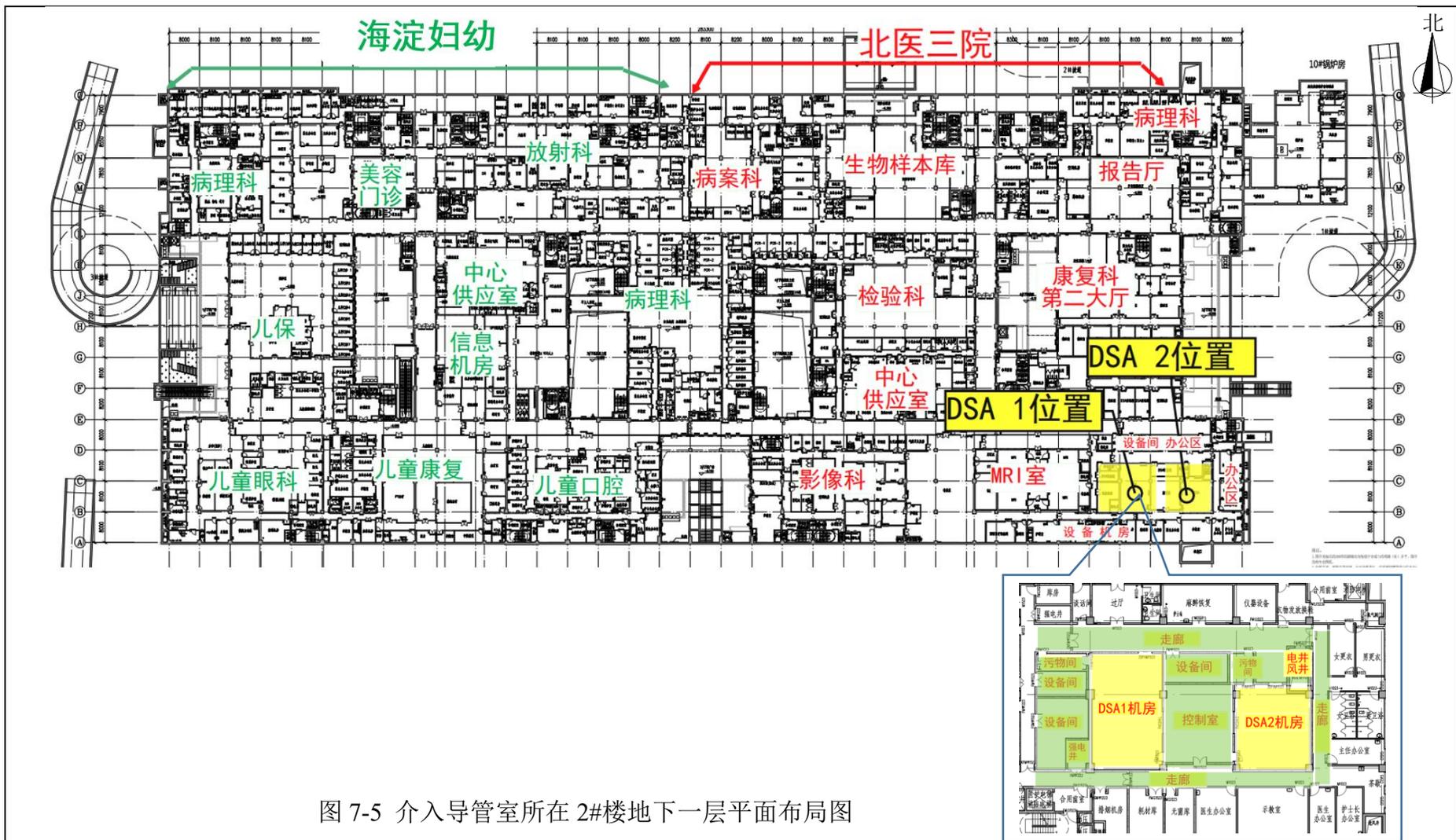


图 7-5 介入导管室所在 2#楼地下一层平面布局图

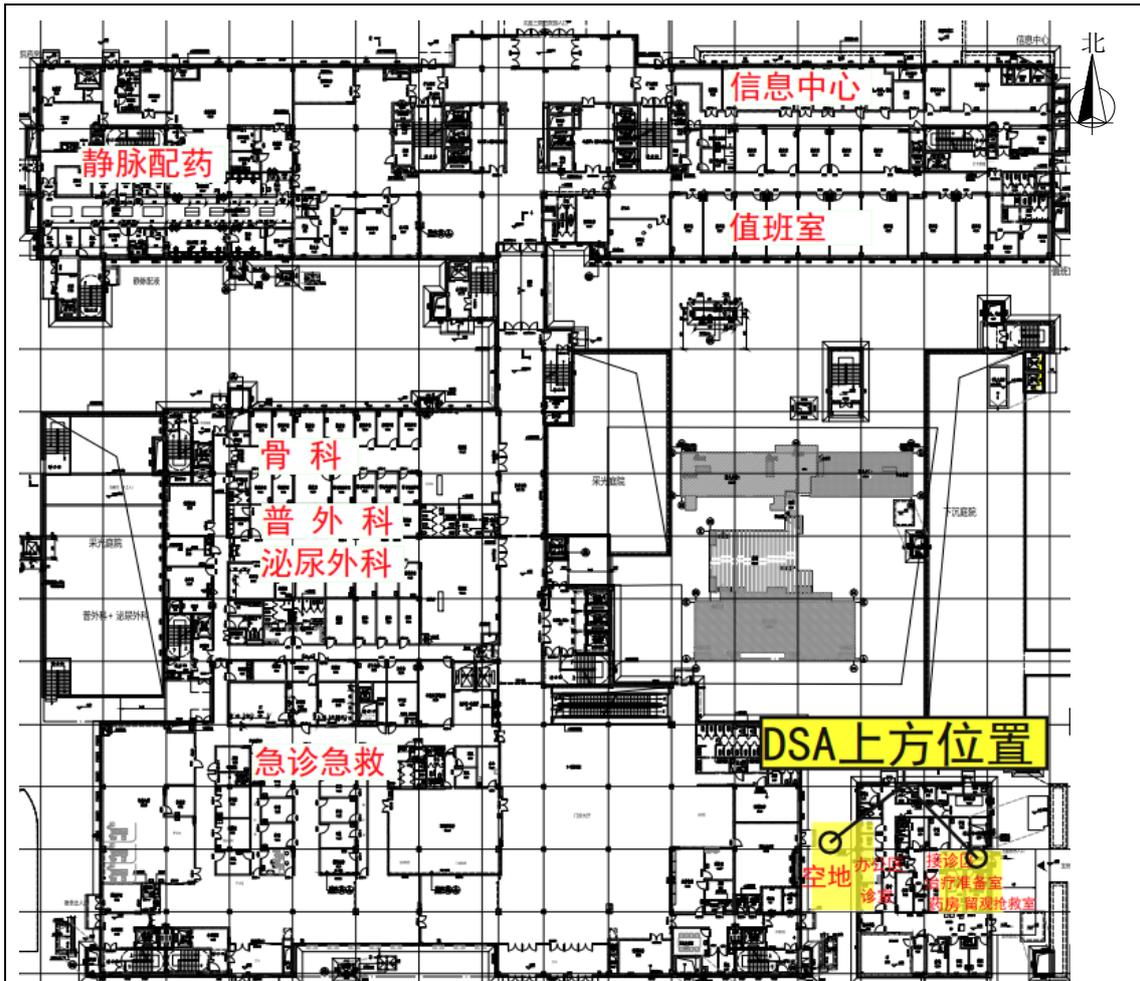


图 7-6 2#楼一层平面布局图（介入导管室上方）

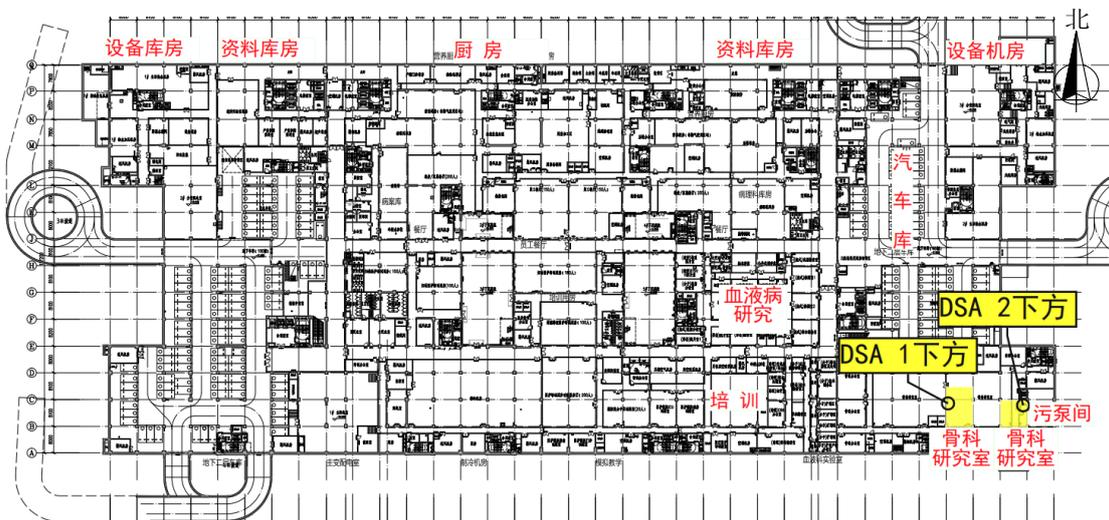


图 7-7 2#楼地下二层平面布局图（介入导管室下方）

### 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

该项目公众和职业照射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

根据 GBZ130-2020 第 6.3，机房的辐射屏蔽防护应满足下列要求：

a) 具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于 2.5 $\mu$ Sv/h；

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

本项目 DSA 手术室外 30cm 处周围剂量当量率控制水平为不大于 2.5 $\mu$ Sv/h。

### 7.3.1.4 射线装置机房屏蔽防护基本要求

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）
介入 X 射线设备机房	2	2

### 7.3.1.5 X 射线设备机房的面积要求

《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）第 6.2 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；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 射线机（介入 X 射线设备机房）	20	3.5
双管头或多管头 X 射线	30	4.5

表 8 环境质量和辐射现状

8.1.1 地理位置

本项目建设地点位于北京市海淀区亮甲店地区 3 号地块，东临永丰路，南临西北旺镇北环路，西临北京海淀妇幼保健院北部医疗中心院区，北临六里屯南路，见图 1-1 所示。

8.1.2 场所位置

本项目 3 个 DSA 手术室分别位于北医三院北部医疗中心院区 2#医疗综合楼三层复合手术室和地下一层介入导管室的 DSA1 室、DSA2 室。复合手术室机房毗邻关系见图 7-2 至图 7-4，地下一层的 DSA1 室、DSA2 室机房毗邻关系见图 7-5 至图 7-7。

8.2 辐射环境现状监测

2022 年 10 月 27 日，评价单位对北医三院北部医疗中心院区所在的海淀区北部医疗中心（建设中）进行了辐射环境本底监测，并出具了检测报告（报告编号为 FS2022025）。监测仪器参数见表 8-1，检测结果见表 8-2，检测点位见图 8-1。

表 8-1 监测仪器参数与监测规范

仪器名称	环境 X、 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率仪
型号/编号	FH40G+FHZ672E-10
生产厂家	美国 Thermo 公司
能量响应	15keV~10MeV 不超过对 $^{137}\text{Cs}$ ， $\gamma$ 辐射响应的 $\pm 30\%$
量程	X- $\gamma$ : 10nSv/h~100 $\mu$ Sv/h
检定证书	中国计量科学研究院 (检定证书编号: DLj12021-12395) 有效期: 2022.2.9-2023.2.8
监测规范	《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)

表 8-1 北部医疗中心院区环境本底辐射水平检测结果

检测位点编号	检测位置	检测结果	备注
		检测结果 (nGy/h)	
1	1#楼东侧空地	61.7±2.3	检测结果中包含宇宙射线响应值 (15.7±0.6nGy/h)
2	1#楼西侧空地	61.8±2.3	
3	1#楼南侧道路	61.5±2.3	
4	1#楼北侧道路	61.5±2.3	
5	1#楼 C 段一层	70.1±2.6	
6	1#楼 C 段地下一层	86.6±3.3	
7	2#楼东侧	61.7±2.3	
8	2#楼西侧	61.6±2.3	
9	2#楼南侧	61.7±2.3	
10	2#楼北侧	61.8±2.3	
11	2#楼 B 段三层	81.6±3.1	
12	2#楼 A 段地下一层	83.5±3.2	

根据《全国环境天然贯穿辐射水平调查研究》(1983-1990),北京市环境陆地  $\gamma$  辐射水平(道路)为 14.7~105nGy/h。北医三院北部医疗中心院区的环境本底辐射检测结果属于北京市正常天然本底水平。

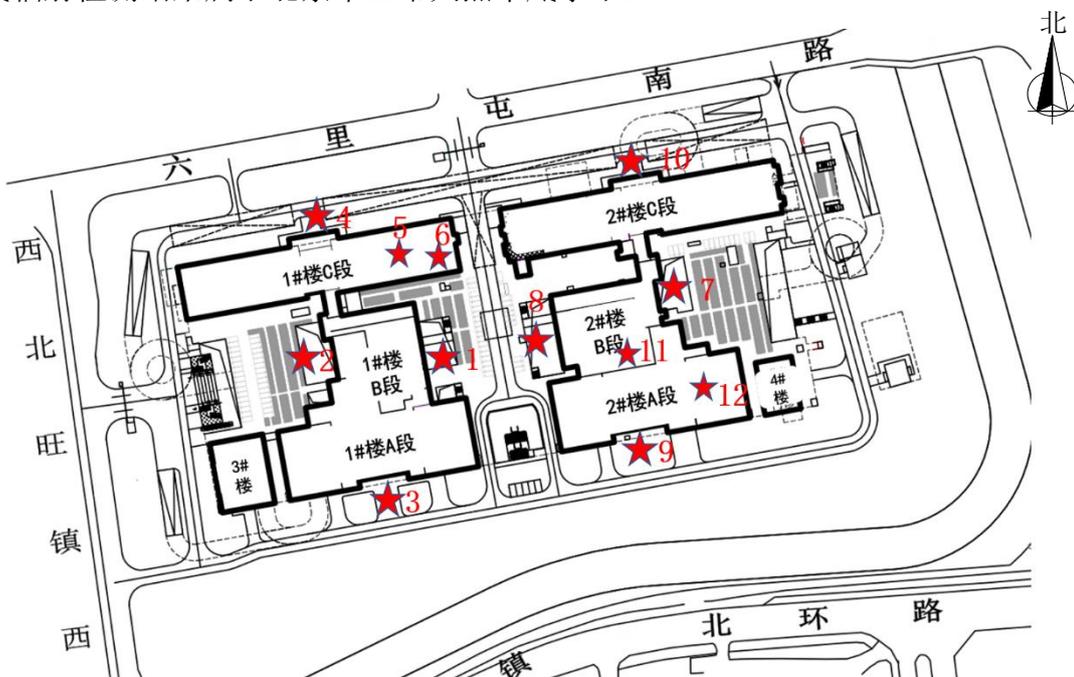


图 1 海淀区北部医疗中心院区环境本底辐射水平检测布点示意图

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。

数字减影血管造影（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。其典型设备如图 9-1 所示。



图 9-1 血管造影机 DSA 典型设备图

### 9.1.2 操作流程

#### (1) 诊断性造影检查

①医生根据患者预约安排诊断性造影检查；

②病人由专职人员通过受检者防护门接入检查室，由护理人员进行摆位，并做局部消毒处理；

③医生根据病人情况在透视条件下进行股动脉穿刺、脑脊髓外周血管超选造影检查；

④病人术后穿刺点压迫，通过受检者防护门自行离开，在休息区进行术后常规观察。

#### (2) 血管病变介入治疗

诊疗时，患者仰卧并进行无菌消毒，局部麻醉后，经皮穿刺静脉，送入引导钢丝及扩张管与外鞘，退出钢丝及扩张管将外鞘保留于静脉内，经鞘插入导管，推送导管，在 X 线透视下将导管送达上腔静脉，顺序取血测定静、动脉，并留 X 线片记录，探查结束，撤出导管，穿刺部位止血包扎。

①医生根据患者预约安排手术；

②病人由专职人员通过受检者防护门接入检查室，由护理人员进行摆位，并做局部消毒处理；

③医生根据手术性质在透视条件下进行手术，按照手术性质和医生手术水平不同，每台手术累计曝光时间多为几十分钟；

④手术完成后门诊病人通过受检者防护门自行离开，其余病人由专职人员负责送回病房。

工作量预计：医院预计每年每台 DSA 实施介入手术不超过 1000 例，考虑到医院发展及将来就诊患者增加，本项目 DSA 年手术量每台按 1000 例考虑（平均每天 4 例），每名介入诊疗医师年手术量不超过 500 例。

## 9.2 污染源描述

### 9.2.1 主要放射性污染物和污染因子

(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。

介入手术需借助X射线影像检查系统引导操作，治疗过程中工作人员将暴露于X射线机附近，人员受照剂量较高。

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

北医三院北部医疗中心院区拟在 2#楼三层中心手术部新建 1 个复合手术室，地下一层介入导管室新建 2 个 DSA 机房，新增 3 台 DSA 开展相关介入检查和治疗。

复合手术室东墙与缓冲间拟设连通门（称机房门），南墙与污物走廊拟设连通门（称污物门），北墙与操作室拟设连通门（称控制室门）和观察窗；DSA1 室北墙与走廊拟设连通门（称机房门），西墙与污物间拟设连通门（称污物门），东墙与操作室拟设连通门（称控制室门）和观察窗；DSA2 室北墙东段与走廊拟设连通门（称机房门），北墙西段与污物间拟设连通门（称污物间门），西墙与操作室拟设连通门（称控制室门）和观察窗。

复合手术室、DSA1 室和 DSA2 室的 DSA 床均拟南北向居中放置。所有 DSA 床旁拟设置铅防护帘，床上方拟设置悬挂铅玻璃防护屏；手术前工作人员穿戴防护用品并洗手后经控制室门进入 DSA 机房，患者从机房门进入，手术后污物转移至污物间。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均回到控制室进行操作，DSA 透视曝光时，医师在手术间内近台操作，护士和技师不在手术间内。3 间机房均拟设置新风系统通风，并设有动力送/排风装置，不设采光窗。各机房屏蔽设计情况见表 10-1 所示。

表 10-1 机房屏蔽情况一览表

序号	场所名称	机房有效面积 (m <sup>2</sup> )	屏蔽墙体方向	屏蔽材料及厚度	等效铅当量	标准要求	符合标准情况
1	复合手术室	91m <sup>2</sup> (12m×7.6m)	东、南、西、北墙	轻钢龙骨+3mm 铅	3mm 铅	2mm	是
			顶棚	25cm 混凝土	3.8mm 铅	2mm	是
			地板	25cm 混凝土	3.8mm 铅	2mm	是
			控制室门（北）	3mm 铅	3mm 铅	2mm	是
			机房门（东）	3mm 铅	3mm 铅	2mm	是
			污物门（南）	3mm 铅	3mm 铅	2mm	是
			观察窗（北）	3mm 铅当量的	3mm 铅	2mm	是

				铅玻璃			
2	DSA1室	92m <sup>2</sup> (12.8m×7.2m)	东、南、北墙	轻钢龙骨+3mm铅	3mm铅	2mm	是
			西墙南段	40cm混凝土	6.2mm铅	2mm	是
			西墙北段	轻钢龙骨+3mm铅	3mm铅	2mm	是
			顶棚	25cm混凝土	3.8mm铅	2mm	是
			地板	25cm混凝土	3.8mm铅	2mm	是
			控制室门(东)	3mm铅	3mm铅	2mm	是
			机房门(北)	3mm铅	3mm铅	2mm	是
			污物门(西)	3mm铅	3mm铅	2mm	是
			观察窗(东)	3mm铅当量的铅玻璃	3mm铅	2mm	是
3	DSA2室	60m <sup>2</sup> (8.3m×7.2m)	东、南、西、北墙	轻钢龙骨+3mm铅	3mm铅	2mm	是
			进风井南、西墙	25cm混凝土	3.8mm	2mm	是
			顶棚	25cm混凝土	3.8mm铅	2mm	是
			地板	25cm混凝土	3.8mm铅	2mm	是
			控制室门(西)	3mm铅	3mm铅	2mm	是
			机房门(北)	3mm铅	3mm铅	2mm	是
			污物门(北)	3mm铅	3mm铅	2mm	是
			观察窗(西)	3mm铅当量的铅玻璃	3mm铅	2mm	是
4	机房面积符合情况	3个DSA机房最小单边长度为7.2m,最小有效使用面积为60m <sup>2</sup> (8.3m×7.2m),满足GBZ130-2020中关于机房最小使用面积和单边长度的要求。					

备注：本项目依据NCRP147号报告附录C计算混凝土的铅当量；各机房高度均为4.8m，四面墙体的屏蔽高度均为4.8m；吊顶高度3.0m，吊顶材料为铝塑板。

### 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 DSA机房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*	单独机房	√	3台DSA均拟设单独机房
2*	A场所设施 操作位局部屏蔽防护设施	√	拟配备铅悬挂防护屏、床侧铅防护板、床侧铅防护帘等
3*	医护人员的个人防护	√	每个场所拟设铅橡胶防护衣、铅橡胶颈套、铅眼镜、介入防护手套各5

				套, 机房内移动铅屏风各 1 个
4*		患者防护	√	每个场所拟设铅橡胶颈套、铅橡胶性腺防护围裙各 1 件
5*		机房防护门窗	√	拟设铅防护门、铅玻璃观察窗
6*		闭门装置	√	控制室门拟设为平开门, 机房门为电动推拉门 (可自动关闭)
7*		入口处电离辐射警告标志	√	门上拟设置电离辐射警示标志
8		入口处机器工作状态显示	√	机房门外拟装工作状态指示灯
9*	B 监测 设备	监测仪器	√	拟新增 1 台便携式 X、 $\gamma$ 辐射检测仪
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 DSA 手术室辐射防护措施

(1) 机房采取实体屏蔽措施, 3 间 DSA 手术室设计的防护能力和评价依据对照情况见表 10-1, 屏蔽设计满足 GBZ130-2020 标准相关要求, 可以保证机房周围 (含观察窗、楼上和楼下) 及防护门外 30cm 处辐射剂量率不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ , 且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) 各辐射工作场所施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, 控制室或毗邻的走廊、设备间等为监督区。

(3) 拟在每个防护门醒目位置设置电离辐射警告标志, 并在机房门外上方安装工作状态指示灯, 指示灯牌上拟设警示语“射线有害, 灯亮勿入”。工作状态指示灯拟与控制室门联动, 指示灯电源拟与设备低压供电线路连接, 当控制室门关闭时, 指示灯亮起。机房门为电动推拉门, 设有脚触感应式开门、并有延时自动关闭功能, 防夹装置为红外感应。DSA 机房辐射安全设施布置位置见图 10-1 所示。

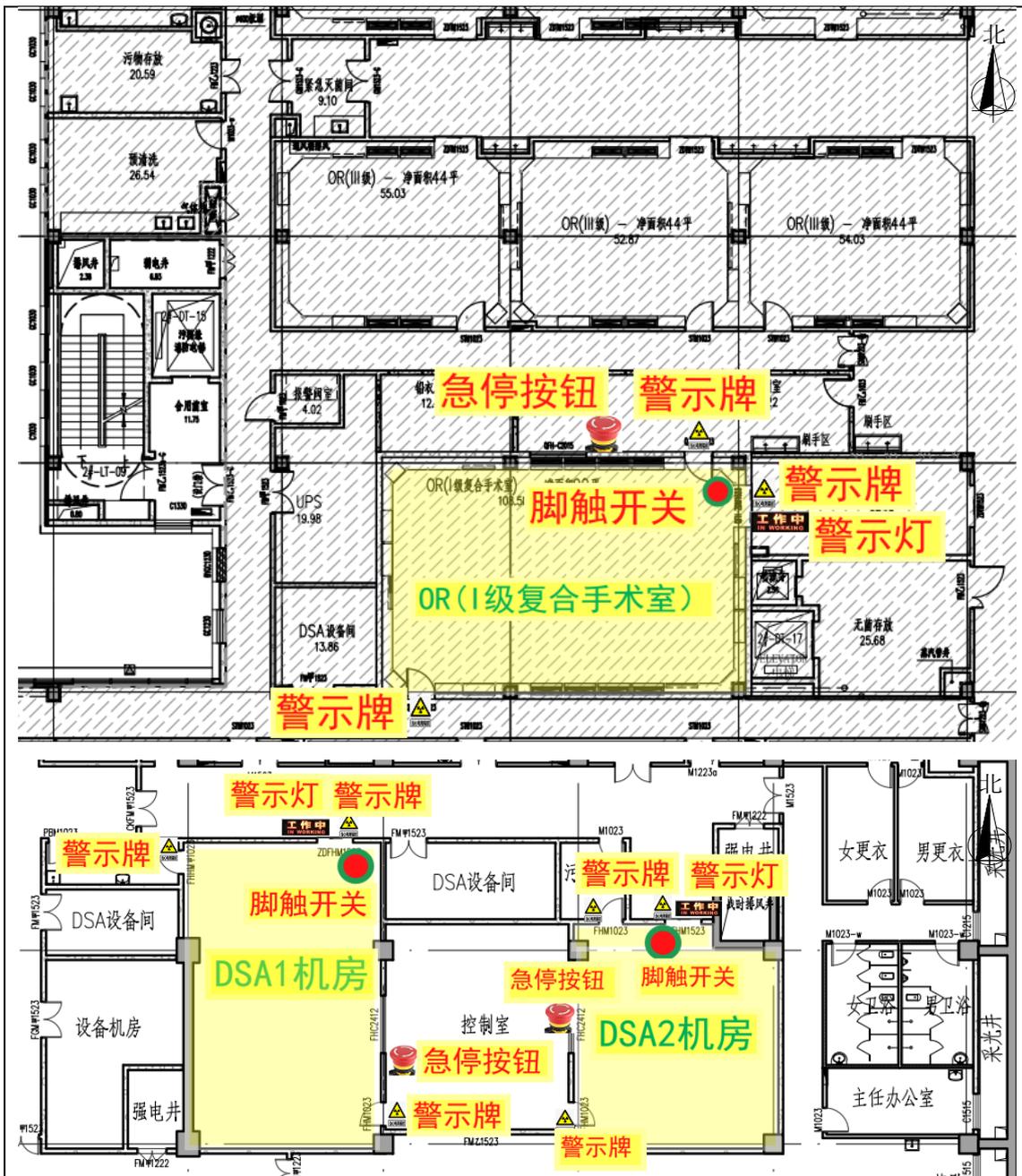


图 10-1 3 台 DSA 机房安全设施布置示意图

- (4) 辐射工作人员均佩带个人剂量计。
- (5) 每间 DSA 手术室设有观察窗和语音提示系统。
- (6) 每间 DSA 手术室拟采取下列屏蔽措施：手术床的床侧悬挂含 0.5mm 铅当量的床侧防护帘 1 个、0.5mm 铅当量的床侧防护屏 1 个；床上悬挂可移动 0.5mm 铅当量的铅悬挂防护屏、铅防护帘各 1 个，用于阻挡散、漏射线对辐射工作人员的照射。
- (7) 医院配备符合防护要求的辅助防护用品，每个 DSA 手术室均配置工作

人员防护用品，包括防护铅衣、铅眼镜、铅围脖、介入防护手套各 5 套；每个机房内各配置移动铅防护屏风 1 个。机房个人防护用品和辅助防护设施拟配置情况见表 10-3，满足 GBZ130-2020 标准相关要求。

(8) 机房配备火灾报警系统，配有灭火用品。

(9) 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。

(10) DSA 手术室采用中央空调和新风系统对 X 线机房进行机械通风换气，防止机房空气中臭氧和氮氧化物等有害气体累积。

(11) 北部医疗中心院区拟新配置 1 台便携式辐射检测仪开展 DSA 机房日常自行辐射监测。

(12) 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。

表 10-3 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、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	—
DSA 手术室机房配备情况	每个场所铅橡胶防护衣、铅橡胶颈套、铅眼镜、介入防护手套各 5 套	每个机房配置铅悬挂防护屏、铅防护帘、床侧防护帘、床侧防护屏各 1 个，铅防护屏风 1 个	每个场所铅橡胶颈套、铅橡胶性腺防护围裙各 1 件	—
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，现对北医三院北部医疗中心院区从事本项目辐射活动能力评价列于表 10-4 和表 10-5。

##### 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 10-4 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 10-4 项目执行《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3台DSA启用前,计划配备的24名辐射工作人员到岗,并通过辐射安全与防护考核。	近期符合
3	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。	拟完善相应的操作规程,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。	近期符合
4	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。	拟为本项目辐射工作人员配备个人剂量计,拟新配备1台便携式辐射检测仪开展自行监测。	符合
5	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。	拟完善现有的规章制度、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、人员考核计划、监测方案等。	近期符合
6	有完善的辐射事故应急措施。	制定有北医三院辐射应急预案。	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 10-5 所示。

表 10-5 项目执行《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连锁、报警装置或者工作信号。	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。机房安装有门-灯联锁安全装置及工作警示灯。	近期符合
2	第七条 放射性同位素 被放射性污染的物品应当单独	本项目不涉及放射性同位素。	不涉及该内容

	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。		
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。	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3台DSA启用前，计划配备的24名辐射工作人员到岗，并通过辐射安全与防护考核。	近期符合
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）。	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。	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楼体建设和防护装修过程中产生的噪声、粉尘以及振动等，为了不影响周围环境，在施工过程中，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，对振动较大的施工，尽量安排在下班或节假日进行。

### 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

3 间 DSA 机房均位于北医三院北部医疗中心院区 2#医疗综合楼内，50m 评价范围内无学校、居民楼、养老院等敏感目标，无商场和超市等人员密集场所。

各机房位置及毗邻关系见表 7-1，在满足医院门诊、急诊等功能分区的情况下，充分考虑了邻室和周围场所的人员安全与防护，由平面布局可见，DSA 手术室整体布局紧凑，且患者通道、医护人员通道相互独立无交叉，路线合理，既满足感染控制要求，同时又有利于辐射防护。各机房墙体、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。

各辐射工作场所施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、设备间等为监督区。

综合分析，本项目两区划分明确，平面布局既满足介入诊疗工作要求，又有利于辐射防护，平面布局合理。

#### 11.2.2 设备参数和使用规划

##### (1) 设备技术参数

本项目拟新购置 3 台 DSA 设备，设备型号待定，额定参数最大为 125kV/1000mA。

##### (2) 使用规划

介入手术可分为心脏血管介入、神经血管介入和外周血管介入，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

根据医院提供的资料，每台设备手术量预计不超过1000例/年，实行医生轮转，每名医生全年最多手术量不超过500例。根据NCRP147 报告，心脏血管造影比外周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，因此本项目在估算机房外剂量率时保守考虑心脏血管造影模式，年附加剂量估算时则根据表11-1中单台手术透视和摄影工作状态的累积出束的最长时间，分别取12min（冠状动脉造影+放置支架透视时间）和2min（外周介入治疗摄影时间），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

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裕量，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，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。

为降低患者和医护人员 X 射线辐射剂量，目前 DSA 血管造影机均采用数字脉冲透视技术（digital pulse fluoroscopy;DPF）。脉冲透视是脉宽（一次脉冲的持续时间）短的 X 射线脉冲，在一定时间间隔内发出，TV 摄影机以进行方式读出视频信号。DSA 设备透视和摄影均为数字脉冲模式，脉冲一般包括 3.75 帧/秒、7.5 帧/秒、15 帧/秒等，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，此曝光条件下按患者摄影 2 分钟、透视 12 分钟（保守取透视平均电流为 10mA）可估算出工作负荷为  $500\text{mA}\times 15\text{帧/s}\times 0.01\text{s/帧}\times 2\text{min} + 10\text{mA}\times 12\text{min} = 270\text{mA}\cdot\text{min}$ ，已远大于 NCRP147 报告中心血管造影给出的最大  $160\text{mA}\cdot\text{min/患者}$  的工作负荷，因此本项目的估算条件是保守的。根据 NCRP147 报告 100kV 设备有用线束距焦点 1m 处输出量约为  $4.692\text{mGy/mA}\cdot\text{min}$ ，则设备在上述摄影工况时有用束的剂量率为  $4.692\text{mGy/mA}\cdot\text{min}\times 500\text{mA}\times 60\text{min/h}\times 15\text{帧/s}\times 0.01\text{s/帧} = 21.1\text{Gy/h}$ ，距散射体的剂量率为  $58.6\text{Gy/h}$ （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）。依据《辐射防护手册》（第一分册）表 10.1，保守取 100kV X 线  $90^\circ$  方向  $400\text{cm}^2$  的散射因子  $1.3\times 10^{-3}$ ，则摄影工况下，1m 处侧向散射辐射剂量率为  $76.2\text{mGy/h}$ 。泄漏辐射取有用束输出量的 0.1%，为  $21.1\text{mGy/h}$ ，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  $97.3\text{mGy/h}$ 。参照 NCRP147 报告中心血管造影情况下，距 X 射线源 1m 处所指定工作负荷（ $160\text{mA}\cdot\text{min/患者}$ ）情况下每名患者未屏蔽次级泄漏辐射与侧向散射的空气比释动能总和为  $2.7\text{mGy/患者}$ （即做 1 名心血管造影手术，在侧向的空气比释动能总和为  $2.7\text{mGy}$ ）、泄漏+前/背向散射总和为  $3.8\text{mGy/患者}$ ，后者为前者的 1.41 倍，可推导出机房内辐射源 1m 处的泄漏辐射和前/背向散射总的剂量率为  $97.3\text{mGy/h}\times 1.41 = 137.2\text{mGy/h}$ 。

机房外关注点的剂量率可按下式计算：

$$H = \frac{H_0}{R^2} \times K^{-1} \quad (11-1)$$

$$K^{-1} = \left[ \left( 1 + \frac{\beta}{\alpha} \right) e^{\alpha\chi} - \frac{\beta}{\alpha} \right]^{\frac{1}{\gamma}} \quad (11-2)$$

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

$R$ 为散射面中心点到关注点的距离，m；

$K$ 为屏蔽体衰减因子；

$\chi$ 为某种屏蔽材料的厚度；

$\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 为与不同屏蔽材料有关的三个拟合参数，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 DSA 机房周围的剂量率估算结果见表 11-2，估算点位见图 11-1、11-2、11-3。

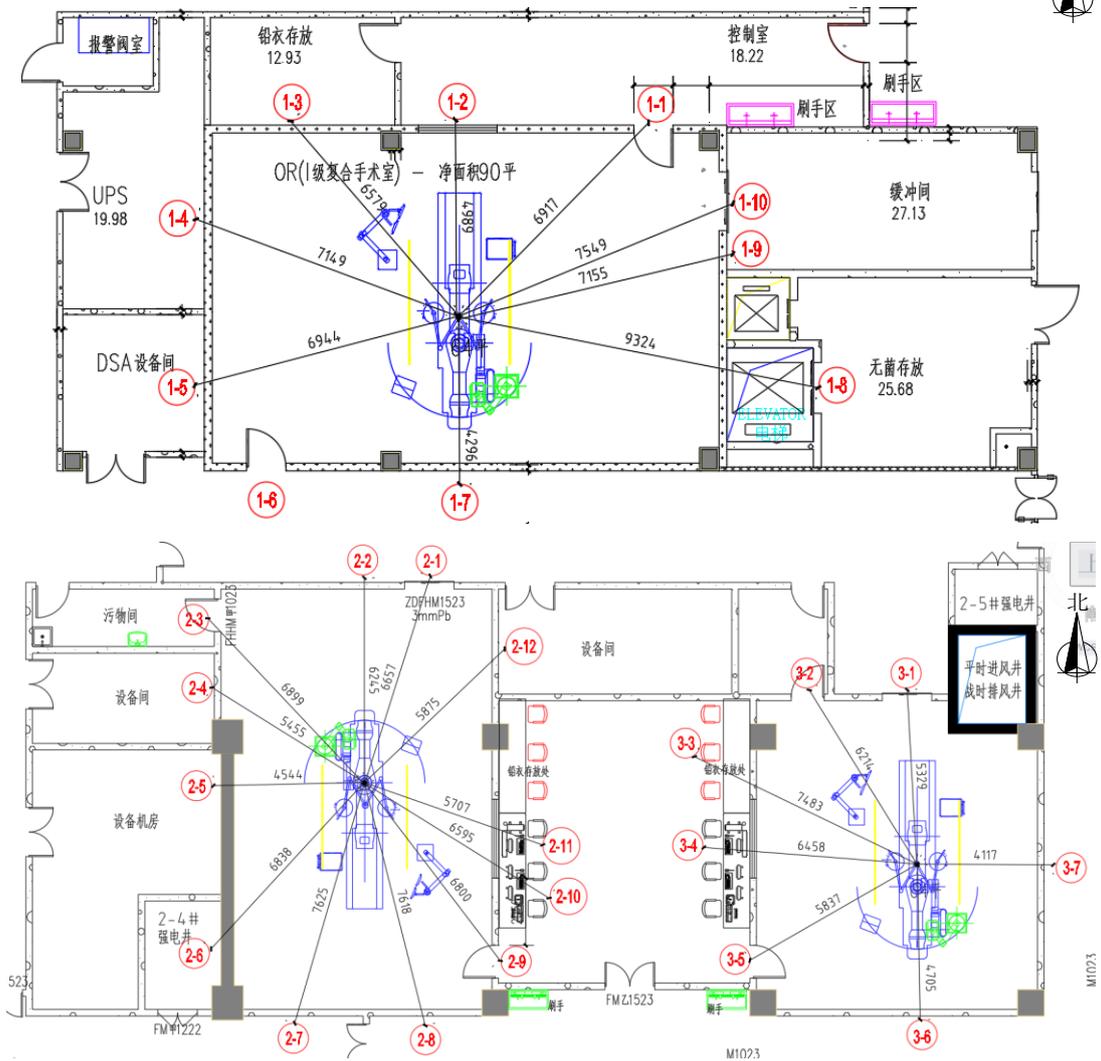


图11-1 3个DSA机房外四周估算点位图

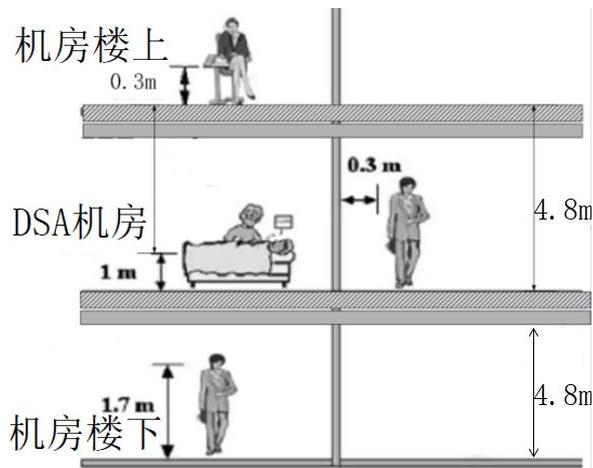


图11-2 三层DSA机房楼上楼下估算点位示意图

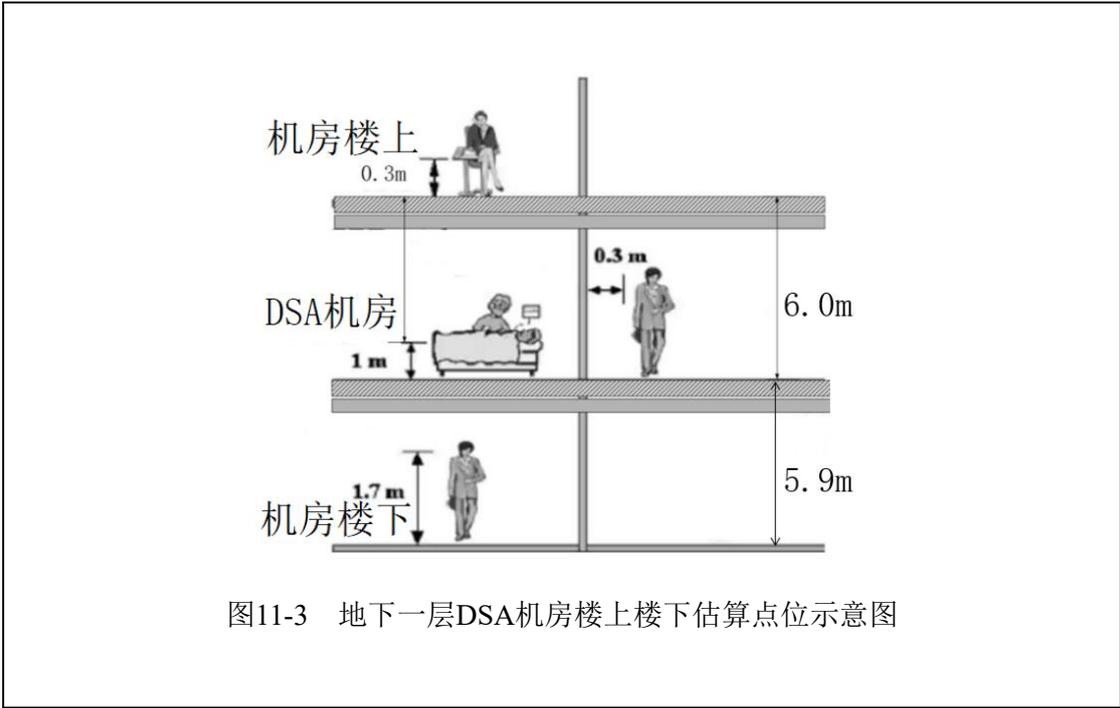


图11-3 地下一层DSA机房楼上楼下估算点位示意图

表 11-2 3 间 DSA 机房周围摄影工况下附加剂量率

场所名称	位置及点位序号	屏蔽厚度	衰减因子	射线束	距离 (m)	屏蔽后附加剂量率	
复合手术室	控制室门外 1-1	3mm 铅	6.00E-05	泄漏+侧向散射	6.9	1.23E-01	
	观察窗外 1-2				5.0	2.34E-01	
	北墙外 1-3				6.6	1.34E-01	
	西墙外 (UPS 间) 1-4				7.1	1.16E-01	
	西墙外 (设备间) 1-5				6.9	1.23E-01	
	污物门 1-6				6.5	1.38E-01	
	南墙外 1-7				4.3	3.16E-01	
	东墙外 (无菌存放间)				9.3	6.75E-02	
	东墙外 (缓冲间) 1-9				7.2	1.13E-01	
	机房门外 1-10				7.5	1.04E-01	
	机房楼上 30cm	25cm 混凝土	8.88E-06	泄漏+前/背向散射	4.4	6.28E-02	
	机房楼下 1.7m 高处				4.4	6.28E-02	
DSA1 室	机房门外 2-1	3mm 铅	6.00E-05	泄漏+侧向散射	6.7	1.30E-01	
	北墙外 2-2				6.2	1.52E-01	
	西墙外 (污物间) 2-3				6.9	1.23E-01	
	西墙外 (设备间) 2-4				5.5	1.93E-01	
	西墙外 (设备间) 2-5	40cm 混凝土	3.38E-08		4.5	1.62E-04	
	西墙外 (电井间) 2-6				6.8	7.11E-05	
	南墙外 (走廊) 2-7	3mm 铅	6.00E-05		7.6	1.01E-01	
	南墙外 (走廊) 2-8				7.6	1.01E-01	
	控制室门外 2-9				6.8	1.26E-01	
	东墙外 2-10				6.6	1.34E-01	
	观察窗外 2-11				5.7	1.80E-01	
	东墙外 (设备间) 2-12				5.9	1.68E-01	
	机房楼上 30cm	25cm 混凝土	8.88E-06		泄漏+前/背向散射	5.3	4.33E-02
	机房楼下 1.7m 高处					5.2	4.50E-02
DSA2 室	机房门外 3-1	3mm 铅	6.00E-05	泄漏+侧向散射	5.3	2.08E-01	
	污物门外 3-2				6.2	1.52E-01	
	西墙外 3-3				7.5	1.04E-01	
	观察窗外 3-4				6.5	1.38E-01	
	控制室门外 3-5				5.8	1.74E-01	
	南墙外 (走廊) 3-6				4.7	2.64E-01	
	东墙外 (走廊) 3-7				4.1	3.47E-01	
	机房楼上 30cm	25cm 混凝土	5.74E-05		泄漏+前/背向散射	5.3	4.33E-02
	机房楼下 1.7m 高处					5.2	4.50E-02

备注: 泄漏和侧向散射 1m 处剂量率取  $9.73E+4\mu\text{Gy/h}$ , 泄漏和前/背向散射 1m 处剂量率取  $1.37E+5\mu\text{Gy/h}$ ;  $K^{-1}$  取 NCRP147 报告心脏血管造影模式下的衰减因子。

从上述估算结果可知，DSA正常摄影工况下，手术室外周围附加剂量率最大值为 $0.35\mu\text{Gy/h}$ （DSA2室），楼上楼下毗邻场所关注点剂量率约为 $0.05\mu\text{Gy/h}$ ，满足本项目所设定的机房屏蔽体外 $30\text{cm}$ 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DSA手术室周围 $50\text{m}$ 评价范围内的设备间、医生办公区等公众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射线机运行参数要远小于 $100\text{kV}/500\text{mA}$ ，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邻近机房外剂量率叠加分析

导管室DSA1~DSA2室毗邻，以控制室内关注点（图11-1中序号2-11和3-4）为例，由于距离衰减和多层墙体屏蔽厚度的增加，剂量率叠加后不超过 $0.32\mu\text{Sv/h}$ ，满足低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的剂量率控制水平。

#### 11.2.3.2 年附加剂量估算

##### （1）工作人员年附加有效剂量

DSA摄影曝光时，除存在临床不可接受的情况外工作人员均回到控制室进行操作；DSA透视曝光时，医师在手术室内近台操作，护士和技师不在介入手术室内，考虑到特殊情况摄影工况（图像采集）时医生可能在机房停留，本评价保守以透视和摄影近台操作全居留模式下估算医师的受照剂量。

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，每个医师在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。

参照《医用X射线诊断设备质量控制检测规范》（WS 76-2020）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。

保守假设：1）医生在透视工况下，手术位置的附加剂量率水平为 $400\mu\text{Sv/h}$ ，且医生全居留；2）按15帧/s、10ms/帧的摄影工况考虑，医生所在位置的附加剂量率水平增加7.5倍，保守取10倍（达 $4\text{mSv/h}$ ）。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。本项目医护人员在除了冠状动脉造影、心脏造影外，摄影工况（图像采集）时基本不在机房停留，考虑到心脏造影全居留的情况，本评价保守居留因子取 1。

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，即医生在透视和摄影工况下的最大受照剂量率水平为10μGy/h和100μGy/h。

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，μSv；

$D$ -计算点附加剂量率，μGy/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。

职业人员附加年有效剂量估算结果见表 11-3。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 DSA 手术室工作人员的年附加有效剂量

估算对象		剂量率 (μGy/h)	工作时间 (h/a)	居留 因子	年附加有效 剂量 (μSv)	
机房内	工作人员 (术者)	系列采集	100	16.7	1	2670
		透视	10	100	1	
机房外	控制室 (技师、 护士)	系列采集	2.34E-01*	33	1	12
		透视	2.34E-02	200	1	

\*注：取本项目 3 台 DSA 机房观察窗外的最高剂量率。

本项目技师可能还从事放射科诊疗工作，与本项目存在剂量累加情况，医院最近一次的年度个人剂量检测结果显示工作人员个人剂量最大为 1.04mSv，技师和护士在射线出束时都是位于机房外隔室防护，由本项目造成的年附加剂量不超过 12μSv，累加后也小于单位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（考虑了部分介入医师在

本部和机场院区手术量)进行估算,理论上可不考虑剂量累加情况。由医院提供的2021年度个人剂量监测报告可知,工作人员年附加剂量最大为1.04mSv/a,即使累加本项目估算的年附加剂量值2.67mSv后也小于单位所设定的工作人员剂量管理目标值5mSv/a要求。上述估算是依照“在透视防护区测试平面上的周围剂量当量400μSv/h的限值”进行估算的,实际上,操作位的剂量率水平通常不高于200μSv/h。

(2) 公众年附加有效剂量

根据表11-2 DSA机房外主要关注点辐射剂量率水平,同时考虑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,年工作时间按1000例手术考虑。

表11-4 公众的年附加有效剂量

估算对象	估算位置*	附加剂量率 (μGy/h)		年工作时间 (h/a)	居留因子	年附加有效剂量 (μSv)
		摄影	透视			
公众	DSA2 机房东墙外 (走廊)	摄影	3.47E-01	33	1/16	1.2
		透视	3.47E-02	200	1/16	
	DSA2 机房楼上 (诊区)	摄影	4.33E-02	33	1	2.3
		透视	4.33E-03	200	1	
	复合手术室南墙外 (走廊)	摄影	3.16E-01	33	1/16	1.1
		透视	3.16E-02	200	1/16	
	复合手术室楼下 (检查室)	摄影	4.50E-02	33	1	2.4
		透视	4.50E-03	200	1	

类比分析可知,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,预计 DSA 手术室周围 50m 评价范围内的医生办公室、谈话室、护士站等长居留场所公众的年附加剂量将远低于设定的剂量约束目标值 100μSv/a。

综上所述, DSA 手术室周围 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，并且和防护门联锁。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 2.5 $\mu$ Sv/h。
电离辐射标志和中文警示	DSA 机房门外设有电离辐射警告标志和中文警示说明。
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、电离辐射警告标志以及铅衣等个人防护用品。
监测仪器	配备检测仪器：拟新配备 1 台便携式辐射检测仪。辐射工作人员已做个人剂量监测，建立健康档案。
规章制度	已经制定有各项安全管理制度、操作规程、工作人员辐射安全与防护知识考核计划等。辐射安全管理制度和操作规程得到宣贯和落实。
人员考核	辐射工作人员通过辐射安全与防护知识考核。
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。

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。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

目前北医三院从事辐射相关工作人员 409 人，均已分批通过了辐射安全和防护考核并取得合格证书。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。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。

北医三院北部医疗中心院区预计 2025 年底投入使用，该院区新增的 3 台 DSA 由北医三院心内科和介入血管外科延伸管理。医院计划按照“4 人一组（2 名医生、1 名技师和 1 名护士）”、每台 DSA 2 组工作人员来进行人员配置，共计划配备 24 名辐射工作人员。其中新增 6 名技师和 6 名护士，只在北部医疗中心院区工作；医师由北医三院本部调配和北部医疗中心院区新增，实现“以老带新”模式发展，总共配置 12 名医师。北医三院本部调配医师可能同时开展本部、机场院区以及北部医疗中心院区介入工作，个人剂量计将跟随本人，一致佩戴，确保能够记录工作期间的全部受照剂量。

## **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，针对北部医疗中心院区 DSA 诊疗项目，北医三院将纳入医院辐射安全管理范围，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**

北医三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北京市疾病预防控制中心承担，监测频度为每 3 个月检测一次。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相关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**

医院拟新增 1 台便携式辐射监测仪用于机场院区 DSA 扫描间的自行监测，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**

北医三院针对本次 DSA 项目，拟建立辐射环境自行监测方案，DSA 扫

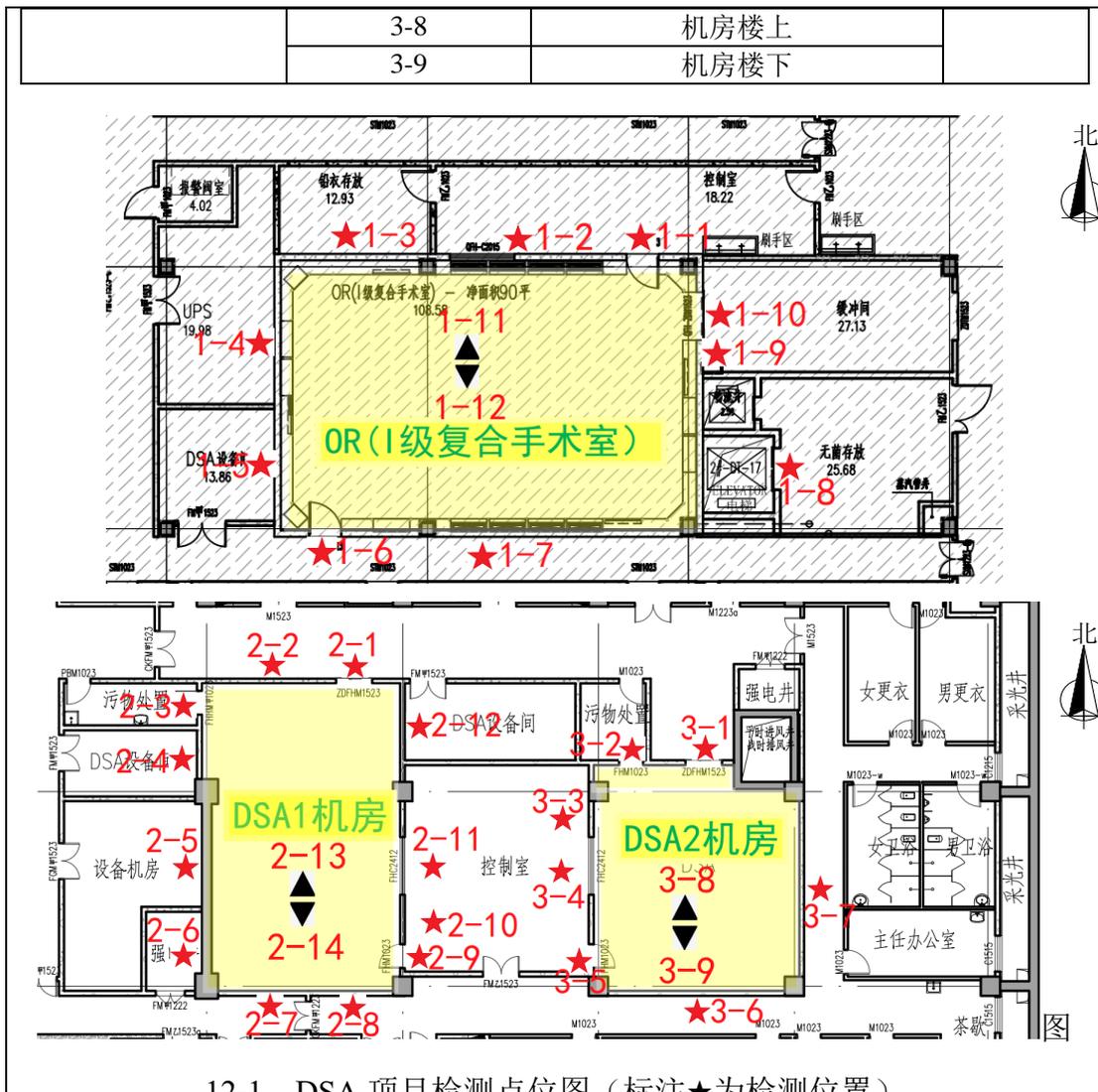
描间工作人员使用辐射监测仪，对辐射工作场所进行监测，方案如下：

- (1) 监测项目：X 射线剂量率水平
- (2) 检测设备：便携式辐射检测仪
- (3) 检测频次：剂量率水平每年不少于 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监测计划

场所名称	测点编号	位置描述	检测频次
复合手术室	1-1	控制室门外	1 次/年
	1-2	观察窗外	
	1-3	北墙外	
	1-4	西墙外（UPS 间）	
	1-5	西墙外（设备间）	
	1-6	污物门外	
	1-7	南墙外	
	1-8	东墙外（无菌存放间）	
	1-9	东墙外（缓冲间）	
	1-10	机房门外	
	1-11	机房楼上	
	1-12	机房楼下	
DSA1 室	2-1	机房门外	1 次/年
	2-2	北墙外	
	2-3	西墙外（污物间）	
	2-4	西墙外（设备间）	
	2-5	西墙外（设备间）	
	2-6	西墙外（电井间）	
	2-7	南墙外（走廊）	
	2-8	南墙外（走廊）	
	2-9	控制室门外	
	2-10	东墙外	
	2-11	观察窗	
	2-12	东墙外（设备间）	
	2-13	机房楼上	
	2-14	机房楼下	
DSA2 室	3-1	机房门外	1 次/年
	3-2	污物门外	
	3-3	西墙外	
	3-4	观察窗	
	3-5	控制室门外	
	3-6	南墙外（走廊）	
	3-7	东墙外（走廊）	



12-1 DSA 项目检测点位图（标注★为检测位置）

#### 12.4 辐射事故应急管理

北医三院北部医疗中心院区将针对 DSA 项目进一步完善《辐射事故（件）应急预案》，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，同时在应急预案中明确了应急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预案，采取必要防范措施，并在 2 小时内填向当地生态环境和卫生健康部门报告。为保持应急能力，医院将做好应急演练与准备工作。

表 13 结论与建议

### 13.1 结论

#### 13.1.1 实践正当性分析

北医三院持有北京市生态环境局颁发的《辐射安全许可证》（京环辐证[F0061]）。为解决海淀北部地区优质医疗资源相对薄弱，诊疗能力、就医环境、学科建设等方面存在不足的问题，北京市海淀区卫生健康委员会决定在海淀区西北旺镇亮甲店 3 号地块建设海淀区北部医疗中心，共规划床位 800 张，建成后由北医三院负责运营其中 400 张床位。医院本次拟在新建的北部医疗中心院区 2#医疗综合楼三层和地下一层分别新建 3 间 DSA 手术室，新增 3 台 DSA。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 设备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 3 个 DSA 机房选址充分考虑了患者介入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 3 个 DSA 机房的辐射屏蔽措施分析可知，DSA 机房剂量率均不超过 2.5 $\mu$ Sv/h，并设置门-灯联锁、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 DSA 机房外年附加剂量估算结果可知，新的 DSA 设备运行后，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（5mSv/a、0.1mSv/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 设备正常运行（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：医院设有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。有较健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、人员培训计划、健康体检制度、辐射事故应急预案和设备检修维护制度等，在针对 DSA 项目完善后能够满足辐射安全管理要求。

(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，北医三院北部医疗中心院区新增使用 3 台 DSA 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**

为了保护环境，保障人员健康，北医三院承诺：

(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) 项目竣工许可后应按照环保相关法规要求及时自行办理竣工验收，并接受生态环境部门的监督检查。

(4) 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。

表 14 审批

<p>下一级环保部门预审意见：</p> <p>公章</p> <p>经办人年月日</p>
<p>审批意见：</p> <p>公章</p> <p>经办人年月日</p>