

核技术利用建设项目
二期新增使用 DSA 血管造影机项目
环境影响报告表

北京清华长庚医院

2025 年 05 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目
二期新增使用 DSA 血管造影机
环境影响报告表

建设单位：北京清华长庚医院

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：北京市昌平区立汤路 168 号

邮政编码：102218

联系人：王成城

电子邮箱：wcca03723@btch.edu.cn

联系电话：13436705989

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	21
表 8 环境质量和辐射现状	26
表 9 项目工程分析与源项	29
表 10 辐射安全与防护	32
表 11 环境影响分析	39
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		二期新增使用 DSA 血管造影机			
建设单位		北京清华长庚医院			
法人代表	姜胜耀	联系人	王成诚	联系电话	13436705989
注册地址		北京市昌平区立汤路 168 号			
项目建设地点		北京市昌平区立汤路 168 号医院二期医疗楼东侧地下一层 DSA 室			
立项审批部门		无		批准文号	无
建设项目总投资 (万元)		800	项目环保投资 (万元)	50	投资比例 (环保投资/总投资)
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 ²)
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>1.1 单位概况</p> <p>北京清华长庚医院 (简称“医院”) 是由清华大学与北京市共建共管的大型综合性公立医院, 建设和运营过程中得到了台塑企业和台湾长庚纪念医院的无私捐助和援建。医院座落于北京市昌平区天通苑地区, 总规划床位 1500 床。于 2014 年 11 月 28 日开业, 一期开设 1000 张床位。2015 年 11 月正式为医保患者服务; 2017 年 6 月, 实现异地医保直接结算; 医院二期规划新增 500 张床位。</p> <p>北京清华长庚医院借鉴并在地化台湾长庚纪念医院管理模式, 构建现代医院管理体制和运营模式, 实行党委领导下的院长负责制, 专业化医疗团队与职</p>					

业化行政团队分工协同治理，提高医院管理的效率和效益。

医院以优越的事业平台、舒心的工作环境和体面的薪酬待遇，从海内外引进了一批优秀的专家，组成高水平医疗团队。首任院长董家鸿为国际著名肝胆胰外科和肝脏移植专家，于 2017 年当选中国工程院院士。医院实行主诊医师负责制、全责护理制和全人照护模式，并全面推行以疾病为导向的整合式医疗，持续优化医疗流程，为各类病患提供高效、优质、经济的诊疗服务，不断提升疾病治愈率和康复水准。

医院已经形成了涵盖内科部、外科部、妇儿部、专科部、急重症部、医技部、全科与健康医学部的 7 大医疗部和 50 余个临床医技专科，初步建成临床布局合理、专科设置完善、优秀人才汇聚、医院治理良善、医疗品质一流，在业界和社会享有美誉的综合性精品医院；形成了肝胆胰中心、神经中心、消化中心、急重症中心等优势突出的整合式医疗中心，涌现出心脏内科、妇产科、耳鼻咽喉头颈外科、泌尿外科、骨科、放射科、麻醉科等重点专科。医院开展国内外领先的医疗技术百余项，创下多项世界记录，以先进技术和优质服务成功救治了大批来自海内外的复杂危重病患，综合水平进入全国三级公立医院绩效考核前百位。2018 年 12 月，医院获批为首批国家临床教学培训示范中心。

北京清华长庚医院现有设备包括螺旋 CT、SPECT/CT、血管造影机、电子直线加速器、模拟定位系统等一批先进的放射诊断、治疗设备。

北京清华长庚医院为已取得《辐射安全许可证》单位。

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

北京清华长庚医院已取得了辐射安全许可证（京环辐证[O0116]，有效期至 2029 年 9 月 28 日，许可的种类和范围是：使用 V 类放射源，使用 II 类、III 类射线装置，乙级非密封放射性物质工作场所，北京清华长庚医院已许可射线装置使用情况见表 1-1。

表 1-1 北京清华长庚医院已许可的射线装置情况

序号	名称	类别（类）	数量（台）
1	计算机断层扫描仪（CT）	III	5
2	牙科 X 射线 CT	III	1

3	SPECT/CT	III	1
4	移动式 C 型臂 X 射线机	III	6
5	牙根尖 X 射线机	III	1
6	移动 X 射线机	III	5
7	数字乳房摄影 X 射线机	III	1
8	碎石机	III	1
9	医疗电子直线加速器	II	1
10	遥感摄影	III	1
11	血管造影机 (DSA)	II	4
12	骨密度检测仪	III	1
13	牙科全景 X 光机	III	1
14	数字常规检查射线 X 光机	III	4
15	数字胸部 X 射线机	III	2
16	移动式 G 型臂 X 射线机	III	1
17	PET/CT	III	1

北京清华长庚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 北京清华长庚医院已许可非密封放射性同位素使用情况

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
核医学科	乙级	I-131	3.70E+08	3.70E+11	使用
		Tc-99m	1.85E+07	3.70E+12	使用
		I-131	3.330E+04	3.330E+08	使用
		F-18	7.40E+06	1.48E+12	使用
		Y-90	5.06E+08	7.20E+11	使用
钇 90 介入治疗场所	乙级	Y-90	5.0E+08	6.00E+11	使用
		Tc-99m	5.55E+5	8.66E+10	使用

北京清华长庚医院已许可的放射源使用情况见表 1-3。

表 1-3 北京清华长庚医院已许可使用放射源情况

序号	核素	类别	总活度（贝可）/活度（贝可）×枚数	活动种类
1	Ge-68	V	3.5E+06Bq×1	使用
2	Ge-68	V	5.5E+07Bq×1	使用

1.2.2 近几年履行环保审批情况

北京清华长庚医院近五年以来一共有 7 个辐射环评报告表项目，具体落实情况见表 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	项目名称	类别	竣工验收文号	备注
1	京环审 [2021]29 号	核医学科改造项目	报告表	/	于 2022 年 12 月办理竣工验收
2	京环审 [2022]89 号	Y-90 微球治疗项目	报告表	/	于 2023 年 2 月办理竣工验收
3	京环审 [2023]21 号	使用 II 类射线装置项目	报告表	/	于 2024 年 4 月办理竣工验收
4	京环审 [2024]11 号	二期新增使用医用电子直线加速器	报告表	/	正在建设中
5	京环审 [2024]107 号	二期新增使用 II 类射线装置	报告表	/	正在建设中
6	京环审 [2024]127 号	一期放疗科放射治疗	报告表	/	正在建设中
7	京环审 [2024]131 号	二期新建核医学科	报告表	/	正在建设中

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，北京清华长庚医院专门成立了辐射安全管理委员会，由党委委员担任主席，医务管理部、核医学科、放射诊断科、总务处、心脏内科、血管外科、总务处、血管外科、心内科、神经外科等各部门的相关人员担任组员，并指定医务管理部李娜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 1-5。

表 1-5 北京清华长庚医院辐射安全管理委员会成员名单

职位	姓名	职务或职称	专业	工作部门	专/兼职
主席	郑卓肇	党委委员（医技部部长）	影像医学与核医学	/	兼职
委员	林思勇	医务管理部部长	临床医学	医务管理部	兼职
委员	何作祥	核医学科科主任	临床医学	核医学科	兼职
委员	黎功	放射诊断科 科执行主任	肿瘤放射治疗学	放射诊断科	兼职
委员	余飞	心脏内科主任医师	心血管介入	心脏内科	兼职
委员	赵克强	血管外科副主任医师	胸心外科	血管外科	兼职
委员	苏伟	神经外科医师	外科学	神经外科	兼职
委员	张跃伟	肝胆胰介入科 科主任	影像医学与核医学	肝胆介入科	兼职
委员	张琳	肝胆胰介入科 副主任医师	外科学	肝胆介入科	兼职
委员	张小峰	神经内科主治医师	神经病学	神经内科	兼职
委员	唐红卫	消化内科主任医师	内科学（消化 疾病）	消化内科	兼职
委员	赵喆	骨科副主任医师	临床医学	骨科	兼职
委员	李冬蓉	护理部督导	护理学	护理部	兼职
委员	张杰	基础运行部部长	工商管理	基础运行部	兼职
委员	闫伟娜	总务处副处长	护理学	总务处	兼职
委员	李树勋	工务处副处长	项目管理	工务处	兼职
委员	段鹏	保卫科科长	建筑环境与设 备工程	保卫科	兼职
专管员	刘国庆	放射诊断科技师	医学影像技术	放射诊断科	兼职
专管员	王兴	放射治疗科技师	医学影像技术	放射治疗科	兼职
专管员	翟彦龙	心脏内科技师	医学影像	心脏内科	兼职
专管员	梁斌	介入技师	生物医学工程	放射诊断科	兼职
秘书	李娜	助理主办	会计学	医务管理部	专职

1.2.3.2 制定规章制度及落实情况

北京清华长庚医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、放射性同位素与射线装置操作规程、设备检修维护制度、辐射工作人员培训考核计划、辐射工作场所安全和防护管理制度、辐射工作人员个人剂量监测制度、工作场所和环境辐射水平监测方案、台帐管理制度、放射性废物管理制度、辐射安全事故应急预案等，并严格按照规章制度执行，能够满足实际工作需要。

1.2.3.3 工作人员考核情况

北京清华长庚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共约 150 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

北京清华长庚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中国医学科学院放射医学研究所承担，监测频度为每 3 个月检测一次，一共开展个人剂量监测人员数量 251 人。医院 2024 年度个人剂量监测结果表明，参与个人剂量检测人员年度个人受照剂量超出 1mSv 有 15 人（剂量分别为 2.03mSv、2.19mSv、1.20 mSv、1.69mSv、1.36mSv、1.65mSv、1.58mSv、1.31mSv、1.79mSv、1.67mSv、1.89mSv、1.35mSv、4.11mSv、2.15mSv、1.47mSv），其余人员均不高于 1mSv，所有人员都低于医院规定的管理目标值。开展个人剂量检测的人员，部分进修人员、新增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

(1) 工作场所辐射水平监测：根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（原环保部令第 18 号）的要求，医院每年委托有资质单位对射线装置和非密封放射性物质工作场所进行 1 次工作场所辐射环境水平监测和工作场所表面污染水平监测，监测数据记录存档。

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。

2024 年 5 月，医院委托浙江建安检测研究院有限公司对医院全部在用射线装置、机房防护及核医学工作场所、Y-90 治疗场所周围辐射环境进行检测。浙江建安检测研究院有限公司提供的检测报告显示医院的在用射线装置、机房防护机核医学科工作场所、Y-90 治疗场所等 X 射线外照射剂量率均符合 GBZ 130-2020 等标准的要求；核医学科显像室等周围剂量当量率、非密封原工作场所放射性表面污染水平检测结果均符合 GBZ 120-2020、GB 18871-2002 等标准要求。

(2) 工作场所自行监测：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，医院定期开展工作场所环境辐射水平自行监测。核医学科每天工作结束后，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。

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	备注
1	个人剂量仪	贝谷/BS2010	2014-07-11	正常	5	放射治疗科
2	多通道辐射剂量监测系统	大建华克/HK-2108	2014-12-20	正常	1	核医科
3	表面沾污仪	Mirion/RDS-80	2014-12-20	正常	1	核医科
4	电离室巡测仪	Fluck/451p	2015-04-15	正常	1	放射科
5	巡测仪	上海贝谷/BS9511	2014-07-11	正常	1	放射治疗科
6	个人剂量仪	RADOS/RAD-60	2014-12-20	正常	3	核医科
7	x/γ射线报警仪	中康联/SB-I（智能）型	2015-10-09	正常	1	放射治疗科
8	表面污染仪	IA-V2	2022-03-01	正常	1	核医科
9	辐射巡测仪	R-EGD	2022-04-01	正常	3	核医科
10	个人剂量报警仪	RG1000	2022-04-01	正常	3	核医科
11	辐射巡测仪	BG9521	2022-07-10	正常	1	钇 90 介入治疗室
12	表面污染仪	BG9611	2022-07-10	正常	1	钇 90 介入治疗室

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

北京清华长庚医院依据《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，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门报告。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。

医院已获得许可使用V类放射源，使用II类、III类射线装置，乙级非密封放射性物质工作场所。医院已针对上述许可使用中可能发生的放射性污染以及

大剂量照射等事故/事件，制定了每年一次的演练计划。

为规划和加强放射突发事件应急处理能力，同时最大程度地降低放射事件可能造成的后果，保障辐射工作人员及患者的生命安全，医院分别于 2024 年 5 月 30 日下午 15 时 10 分，在门诊楼 B1F 核医学科进行了 2024 年上半年的放射安全事故应急演练；于 2024 年 10 月 15 日下午 12 时 30 分，在门诊楼 B1F 放射治疗科内进行了 2024 年下半年的放射安全事故应急演练。演练由医院保卫处联合医务管理部、放射治疗科，以加速器治疗室放射治疗过程中开关失控，射线持续发生，病人可能受到过度照射为事故北京展开。演练采取“实景设置、实兵展开、实际操作”的方法进行。根据《辐射事故应急预案》，指定演练计划并有序实施，参与演练人员均较好地履行各自的职责，圆满完成既定任务，达到了演练预期的效果。

1.2.3.7 放射性废物的管理情况

目前，北京清华长庚医院核医学科和钷 90 介入治疗场所只使用 F-18、Tc-99m、Y-90 和 I-131 等核素。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。含 F-18、Tc-99m 的放射性废物暂存 30 天，剩余 Y-90 放射性同位素储存 60 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 β 表面污染水平小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，将废物解控作为医疗废物处置，并详细记录“放射性固体废物暂存、处置管理台账”。

北京清华长庚医院核医学科现有衰变池为槽式衰变池，总体积为 200m^3 ，设有 2 级池，每级 100m^3 。衰变池废水按照 HJ 1188-2021 和《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》要求至少衰变 180 天后排放，衰变池的废水在排放前委托有资质单位进行检测，符合要求后排入医院污水处理站，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

北京清华长庚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 2024 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 二期医疗楼建设项目背景

国务院批复的《北京城市总体规划（2016年-2035年）》（以下简称“《北京城市总规》”）提出昌平区功能定位为首都西北部重点生态保育及区域生态治理协作区；具有全球影响力的全国科技创新中心重要组成部分和国际一流的科教新区；特色历史文化旅游和生态休闲区；城乡综合治理和协调发展的先行示范区。北京清华长庚医院位于昌平区天通苑地区，已逐步成为京北地区急重症救治中心，医院未来将重点提升卒中、胸痛、创伤与孕产妇救治能力，打造“京北区域医疗中心”。医院未来将进一步提升医院整体医疗服务效能，重点打造具有学术与医疗技术持续创新引领力的肝胆胰中心、器官移植中心、神经中心、消化中心、肿瘤中心等优势学科，辐射全国患者。天通苑地区人口稠密，优质医疗资源匮乏，区域健康医疗体系还不完善，与《北京城市总规》相关要求还有一定的差距，亟需进一步提升区域医疗卫生服务水平，使人民群众获得更高水平的医疗卫生服务。

在医院成立运行九年的时间里，已经初步建成了京北肝胆胰中心，建立了肝胆专科治疗联盟，在器官移植方面，医院也计划在董家鸿院士的领导下稳步推进，建立国内领先的移植中心；借助清华大学厚重的工科技技术沉淀，医院还计划在肿瘤治疗方面将医工结合落到实处，利用最尖端的科学技术打造领先的肿瘤治疗中心，这些都需要医疗空间的做支撑。

近年来医院诊疗人数逐年增加，给医院的基础设施带来了巨大压力，但医院发展受一期条件制约，矛盾凸显，急需寻求新的诊疗空间。医院在昌平区原址扩建北京清华长庚医院，新增编制床位 500 张，完善医院学科建设和用房功能，扩大昌平区优质医疗资源，促进现有资源发展升级，使全区医疗资源总量有较高质量的增加，有效填补昌平区目前医疗资源缺口，提高全区整体医疗服务能力和技术水平；不仅可以健全昌平区的基本医疗服务体系，同时作为优质医疗资源，又可通过医疗联合体、技术支持、业务指导等模式发挥带动和辐射作用，全面提升京北地区的医疗服务能力和技术水平，为京北地区提供可靠的医疗保障。

本项目位于北京清华长庚医院院区内，已取得原北京市规划委员会《建设

用地规划许可证》（2010 规地字 0065 号）和原北京市规划委员会《建设工程规划许可证》（2010 规（昌）建字 0064 号）。医院于 2021 年 1 月取得了昌平区生态环境局《关于北京清华长庚医院二期建设项目环境影响报告书的批复》（昌环审字[2021]0011 号）等审批文件。

1.3.2 本项目情况

本项目内容为在二期医疗楼地下一层核医学科东北角拟新建一个 DSA 室并新增使用 1 台 Optima IGS Ultra 型医用血管造影 X 射线机，主要用于开展心血管、脑血管、外周接入手术等，血管造影机最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA。本项目拟使用的射线装置情况见表 1-7。

表 1-7 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	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	类别	备注
1	DSA 室	Optima IGS Ultra 型医用血管造影 X 射线机	北京通用电气华伦医疗设备有限公司	125	1000	II 类	新增

1.3.3 目的和任务的由来

本项目使用的血管造影机（DSA）属于使用 II 类射线装置项目，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。受北京清华长庚医院的委托，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。

1.3.4 项目建设正当性和必要性

本项目使用的血管造影机（DSA）属于使用 II 类射线装置项目，根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中“第一类 鼓励类”“十三、医药”中“4. 高端医疗器械创新发展；新型基因、蛋白和细胞诊断设备，急危重症生命

支持设备，人工智能辅助医疗设备，移动与远程诊疗设备，高端康复辅助器具，高端植入介入产品，手术机器人等高端外壳设备及耗材，生物医用材料、增材制造技术开发与应用”，本项目属于“新型医用诊断设备、高性能医学影像设备”类项目，属于鼓励类，符合国家产业政策。

本项目不属于《北京市新增产业的禁止和限制目录（2022年版）》中禁止和限制项目。因此本项目的建设符合国家及地方产业政策要求。

介入放射学是基于影像学融合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。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。

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。

DSA 设备运行不产生放射性“三废”，对周围环境的辐射影响也很小，对职业人员、公众以及环境带来的不利影响，远低于其使用对社会带来的利益，故上述设备的使用具有正当性。

1.3.5 开展新项目的技术能力

（1）人员配备：目前医院手术中心导管室现有 3 台 DSA 设备，共 57 名相关辐射工作人员，其中医生 39 名，护士 12 名，技师 6 名。本项目建成后，医院将共有 4 台 DSA 设备，全部由手术中心导管室统一管理，拟新增 9 名医师、4 名护士和 2 名技师，手术中心导管室辐射工作人员可达 72 名（医师 48 名，护士 16 名，技师 8 名）。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 12 名医师（可配 6 组）、

4名护士（可配4组）和2名技师（可配2组），能够满足本项目启用后 DSA 的使用需求。

医院现有3台 DSA 年 2024 年手术量接近 3300 例，本项目建成启用后预计年手术量约 1000 例，全院总共年手术量约 4300 例，4 台设备参与轮班的医师可约分为 24 组（平均每台 DSA 可配 6 组），每组平均年手术量约 179 例。但考虑到 DSA 设备发生故障及将来手术量增加等情况，本项目 DSA 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：本项目拟新增 1 台便携式辐射巡测仪，用于 DSA 机房开展自行监测，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	医用血管造影X 射线机	II类	1	Optima IGS Ultra	125	1000	介入诊疗	二期医疗楼地下一层DSA室	新增

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电 压 (kV)	最大靶电 流 (μA)	中子强 度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
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/m³；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/m³）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

<p>法规文件</p>	<ol style="list-style-type: none"> 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，2015 年 1 月 1 日起施行。 2. 《中华人民共和国环境影响评价法》，全国人民代表大会常务委员会，2002 年 10 月 28 日通过，自 2003 年 1 月 1 日起实施；2016 年 7 月 2 日第一次修正；2018 年 12 月 29 日第二次修正。 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 6 号，2003 年 10 月 1 日起实施。 4. 《建设项目环境保护管理条例》，1998 年 11 月 29 日国务院令第 253 号发布施行；2017 年 7 月 16 日国务院令第 682 号修订，2017 年 10 月 1 日起实施。 5. 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令 709 号第二次修订，2019 年 3 月 2 日第二次修订版公布并实施。 6. 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，中华人民共和国生态环境部部令第 16 号，2020 年 11 月 30 日公布，2021 年 1 月 1 日起实施。 7. 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，中华人民共和国生态环境部部令第 20 号修订，2021 年 1 月 4 日公布并实施。 8. 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原中华人民共和国环境保护部第 18 号令，2011 年 4 月 18 日公布，2011 年 5 月 1 日起实施。 9. 《关于发布〈射线装置分类〉的公告》，原中华人民共和国环境保护部、国家卫生计生委公告第 66 号，2017 年 12 月 5 日。 10. 《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，2017 年 11 月 20 日。 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 9 号，2019 年 11 月 1 日。 12. 《关于发布〈建设项目环境影响评价分类管理名录〉北京市实施细则（2022 年本）的通告》，通告（2022）4 号，2022 年 3 月 4 日。
-------------	---

	<ol style="list-style-type: none"> 13. 《北京市城乡规划条例》，北京市人民代表大会常务委员会公告（十五届）61号，2021年9月24日修订版公布并实施。 14. 《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。 15. 《辐射安全与防护监督检查技术程序》，生态环境部，2020年2月。 16. 《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。 17. 《产业结构调整指导目录（2024年本）》，国家发展改革委令第七号，2024年2月1日施行。 18. 《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》，中华人民共和国生态环境部公告2019年第57号，2019年12月24日。 19. 《关于进一步优化辐射安全考核的公告》，中华人民共和国生态环境部公告2021年第9号，2021年03月15日实施。 20. 《产业结构调整指导目录（2024年）》，国家发展和改革委员会2023年第7号令，2024年2月1日起施行。 21. 《北京市新增产业的禁止和限制目录（2022年版）》，北京市人民政府办公厅，京政发办〔2022〕5号，2022年2月14日起施行。
技术 标准	<ol style="list-style-type: none"> 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），中华人民共和国环境保护部，2016年04月01日实施。 2. 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局，2003年04月01日实施。 3. 《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020），中华人民共和国国家卫生健康委员会，2020年10月01日实施。 4. 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019），中华人民共

	<p>和国国家卫生健康委员会，2020年04月01日实施。</p> <p>5. 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021），中华人民共和国生态环境部，2021年05月01日实施。</p> <p>6. 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021），中华人民共和国生态环境部，2021年05月01日实施。</p>
其他	<p>1. NCRP Report No.147: Structural Shielding Design and Evaluation for Medical X-Ray imaging Facilities, 2004;</p> <p>2. 《辐射防护手册》<第一分册 辐射源与屏蔽>（李德平 潘自强 主编），1987。</p> <p>3. 《辐射防护手册》<第三分册 辐射安全>（李德平 潘自强 主编），1990。</p> <p>4. 《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》（WS76-2020），中华人民共和国国家卫生健康委员会，2021年05月01日实施；</p> <p>5. 《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>6. 《中国环境天然放射性水平》，原国家环境保护局监督管理司，1995年8月；</p> <p>7. 北京清华长庚医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，2025年3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

本项目为在医院二期医疗楼地下一层东南侧拟建 1 个 DSA 室及相关场所，并新增使用 1 台 DSA。

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 室周围 50m 区域。本项目拟建的 DSA 室及相关场所位于医院二期医疗楼地下一层东南侧，二期医疗楼北侧为医院 1 号楼，南侧为 3 号综合楼，西侧为立汤路，东侧为立水桥北路，周围 50m 范围内主要建筑物见图 7-1。

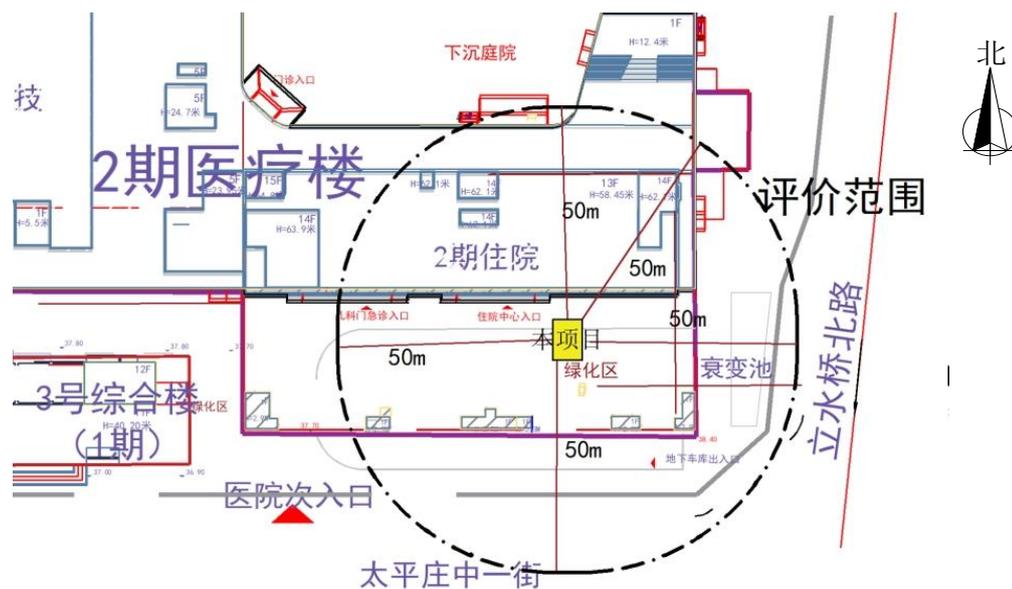


图 7-1 本项目评价范围示意图

7.2 环境保护目标

建成后的 DSA 室东侧隔走廊为网络设备间、茶水间、卫生间、病案室、办公室、主任办公室、排风排烟机房、送风补风机房等场所，南侧隔走廊为核医学科诊断区域、放射性同位素实验室区域、全检质控室、无菌检测室等场所，西侧紧邻设备间、缓冲区，之外为留观室、送风兼补风机房、诊室、处置室、注射前等候区等场所，北侧紧邻控制室，之外为放免实验室、接诊室、非燃品库房、仪器储藏、放疗科区域等场所，楼上为楼外空地，楼下为地下停车场。

根据项目特点及周围毗邻关系，确定主要环境保护目标为医护人员、从事本项目射线装置操作的辐射工作人员、机房周围其他公众成员。本项目相关场所周围 50m 范围内，无商超等人员密集区域，也无居民楼、学校、图书馆等敏感目标，详见表 7-1。四周毗邻关系见图 7-3，机房楼下、楼下关系图见图 7-2、7-4。

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	距离 (m)	常居留人数	方位	周围 50m 范围内主要场所
DSA 室	医院工作人员	0~12	/	东侧	走廊、网络设备间、茶水间、洗手间等场所
	医院工作人员	12~29	18		主任办公室、办公室、病案室等场所
	/	12~29	/		排风排烟机房、送风补风机房等场所
	/	29~50	/		地下土层
	医院工作人员、患者	0~2.5	/	南侧	走廊
	放射性同位素实验室工作人员、核医学科工作人员、患者	2.5~20	42		放射性同位素实验室区域、核医学科诊断区域、全检质控室、无菌检测室等区域
	患者及家属等	20~28	/		汽车坡道
	/	28~50	/		地下土层
	患者	0~10	5		缓冲区、留观室
	医院工作人员、患者	10~50	20	西侧	注射前等候区、诊室、处置室等
	DSA 工作人员	0~3.4	4	北侧	控制室

医院其他工作人员	3.4~15	10		放免实验室、接诊室等场所
患者或其他工作人员	15~50	约 100		放射科区域
公众	紧邻	5	楼下	停车场
公众	紧邻	1	楼上	楼外空地

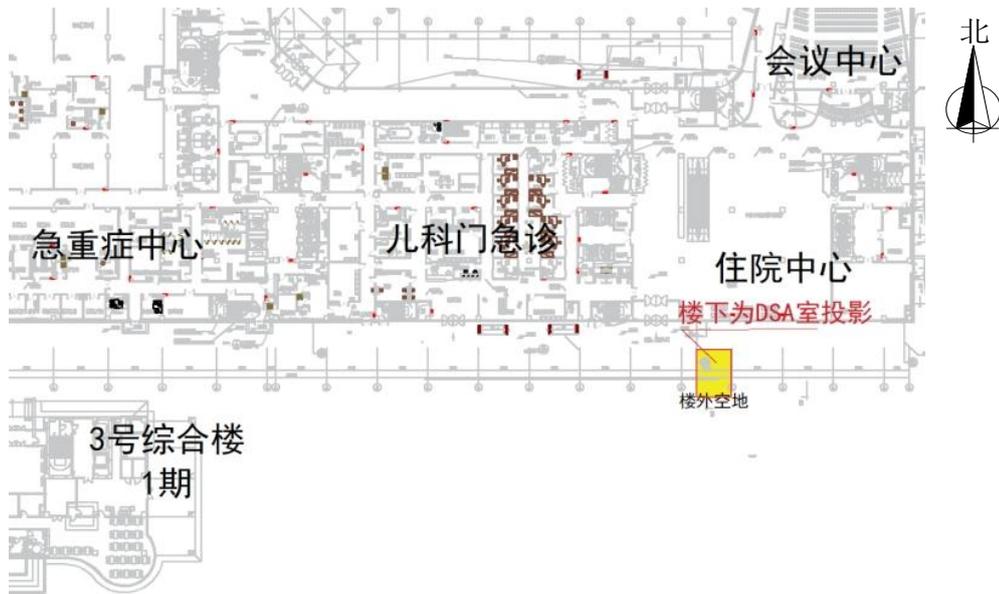


图 7-2 本项目地面一层（DSA 室楼上）周围关系图

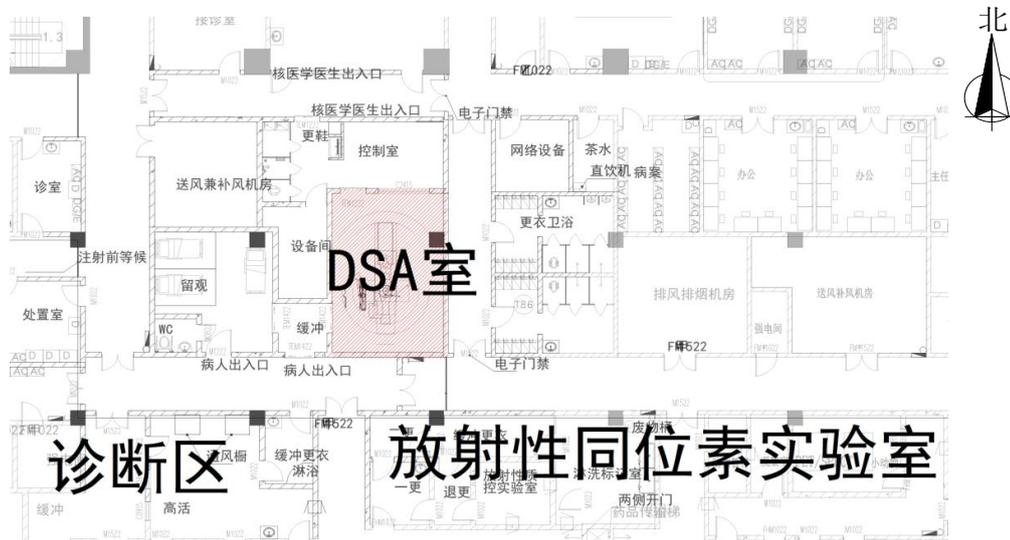


图 7-3 本项目地下一层（DSA 室）周围关系图

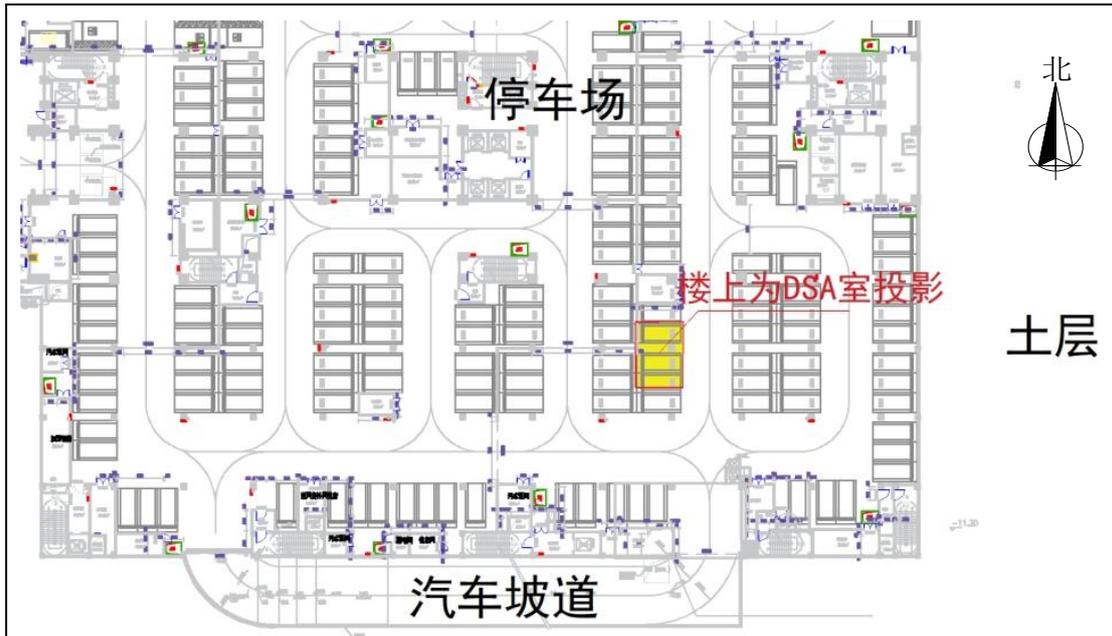


图 7-4 本项目地下二层（DSA 室楼下）周围关系图

7.3 评价标准

7.3.1 评价标准

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

7.3.2 剂量约束值

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。

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。

7.3.3 剂量率控制水平

参照 GBZ130-2020，机房外 30cm 处周围剂量当量率应不大于 2.5 μ Sv/h。

7.3.4 射线装置机房屏蔽防护基本要求

参考 GBZ130-2020 第 6.2 表 3，本项目机房属于 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	2.0	2.0

注：这里 C 形臂 X 射线设备机房指导管室。

7.3.5 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 ²)	机房内最小单边长度 (m)
单管头 X 射线设备（含 C 型臂，乳腺 CBCT）	20	3.5

注：本项目 DSA 为单管头 X 射线设备。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 辐射环境现状监测

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（证书编号：202319120948），于 2025 年 3 月 3 日对本项目相关场所进行了环境 γ 辐射剂量率本底监测。

8.1.1 监测项目

环境 γ 辐射剂量率。

8.2.2 监测对象及点位布设

监测对象：本次监测针对拟建场址所在区域及周边进行环境辐射现状监测。

监测点位：本次监测对拟建场址所在区域及周边进行环境地表 γ 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、有效日期	主要技术性能指标
辐射检测仪	AT1121/20170421	DLjl2024-12128	测量范围： 0.05 μ Sv/h~10Sv/h； 能量范围：15keV~10MeV； 相对响应之差：< \pm 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，检测点位图见图 8-1、图 8-2。

表 8-2 辐射工作场所及周围辐射环境水平监测结果

编号	检测位置描述	γ 辐射剂量率 μGy/h	
		平均值	标准差
1	拟建 DSA 场所中央	0.11	±0.01
2	拟建 DSA 场所内北侧	0.10	±0.01
3	拟建 DSA 场所内西侧	0.10	±0.01
4	拟建 DSA 场所外东侧	0.10	±0.01
5	拟建 DSA 场所南侧	0.10	±0.01
6	拟建 DSA 场所楼上	0.10	±0.01
7	拟建 DSA 场所楼下	0.10	±0.01

注：检测结果含宇宙射线响应值。

根据《中国环境天然放射性水平》（1995），北京市天然辐射水平范围为 60~123nGy/h（室外，含宇宙射线）和 69.8~182nGy/h（室内，含宇宙射线）。由表 8-2 中检测结果可知，拟建辐射工作场所及周围的辐射剂量率范围为 0.10~0.11μGy/h，因此，本项目场所室内辐射剂量率水平处于北京市室内 γ 辐射剂量率正常本底范围之内，未发现异常高值。

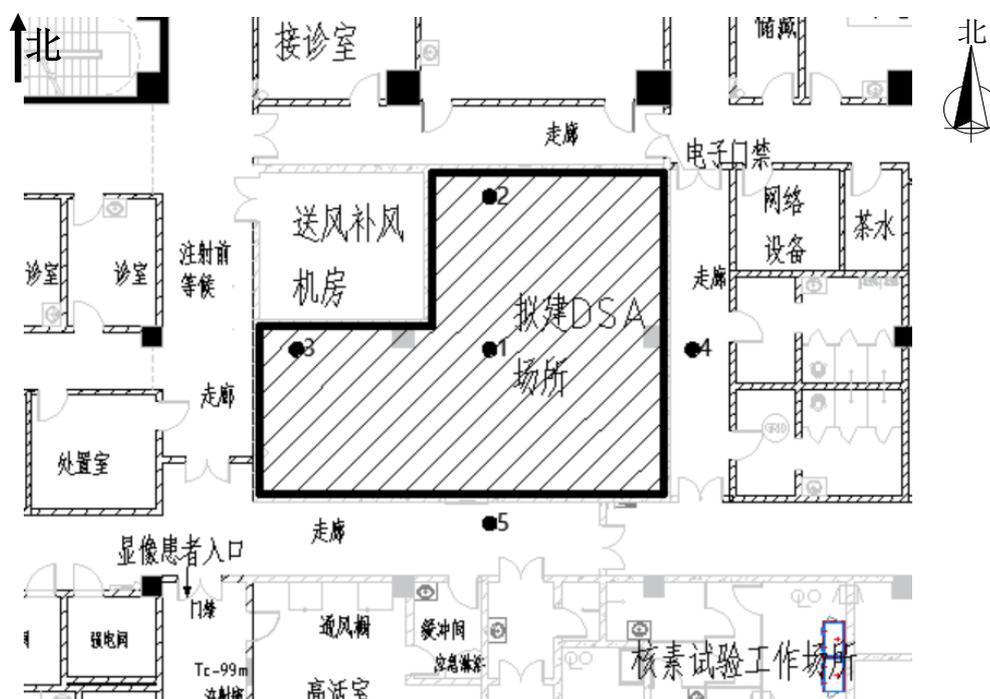
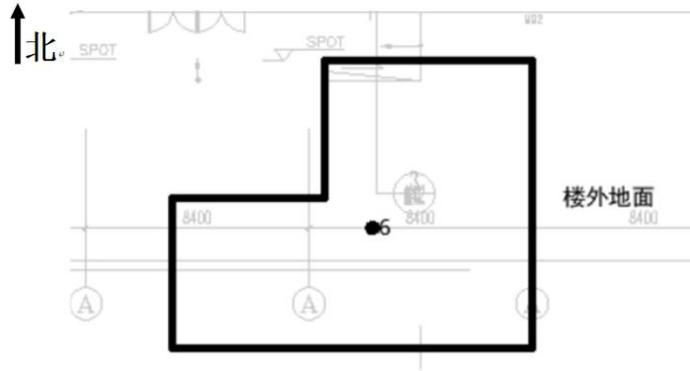


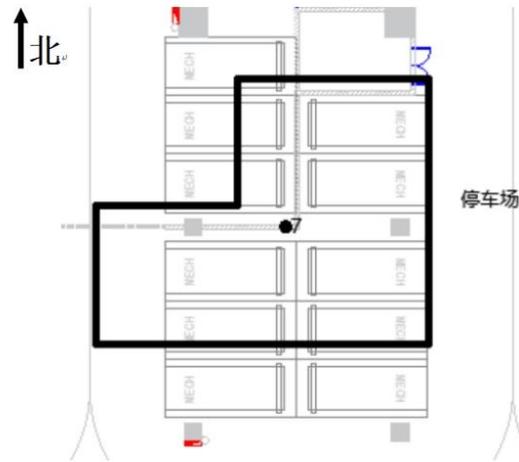
图 8-1 拟建 DSA 场所周围检测点位图

2、拟建 DSA 场所楼上。



注：黑框区域为拟建 DSA 场所对应楼上区域（1 层）。

3、拟建 DSA 场所楼下。



注：黑框区域为拟建 DSA 场所对应楼下区域（地下 2 层）。

图 8-2 拟建 DSA 场所楼上楼下检测点位图

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。

数字血管造影（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。本项目 DSA 设备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 典型血管造影机典型设备图（单管球）

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。

（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。

血管造影机（DSA）操作流程及产污环节如下图所示。

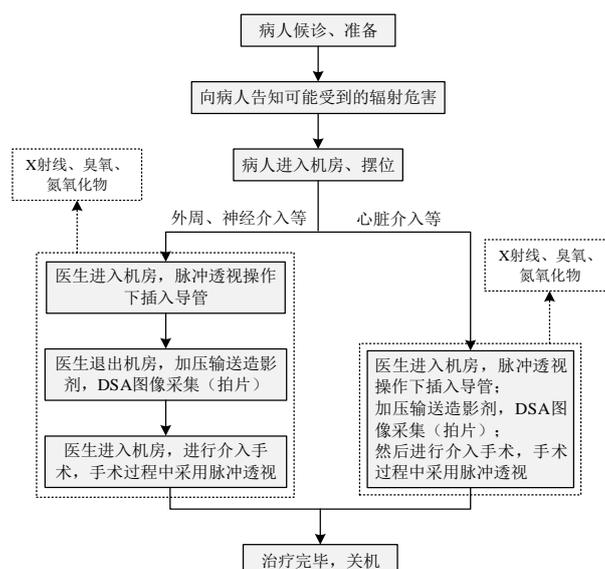


图 9-2 血管造影机（DSA）操作流程及产污环节示意图

工作量预计：本项目运行后预计 DSA 室手术量为 1000 例/年，全院最大手术量 4300 例/年，参与轮班的医师可约分为 24 组（平均每台 DSA 可配 6 组），每组平均年手术量约 179 例，考虑 DSA 设备发生故障及将来手术量增加等情况，本次按照最大工作负荷每名医师全年手术量 500 例/年计算。

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

本项目内容为二期医疗楼地下一层东南侧新建一个 DSA 室及相关场所，并新增使用 1 台 DSA 血管造影机。

本项目拟建的 DSA 室位于医院二期医疗楼地下一层东南侧，建成后的 DSA 室东侧隔走廊为网络设备间、茶水间、卫生间、病案室、办公室、主任办公室、排风排烟机房、送风补风机房等场所，南侧隔走廊为核医学科诊断区域、放射性同位素实验室区域、全检质控室、无菌检测室等场所，西侧紧邻设备间、缓冲区，之外为留观室、送风兼补风机房、诊室、处置室、注射前等候区等场所，北侧紧邻控制室，之外为放免实验室、接诊室、非燃品库房、仪器储藏、放疗科区域等场所，楼上为楼外空地，楼下为地下停车场。

DSA 室工作人员从控制室防护门 M1 进入 DSA 室，患者从南侧防护门 M2 进入 DSA 室，污物从 M2 运出 DSA 室，在控制室南侧设置设备间防护门 M3，控制室位于 DSA 室北侧，控制室设置观察窗。工作人员拟同室近台和位于控制室操作设备，手术前工作人员穿戴防护用品并刷手后经防护门 M1 进入 DSA 室，患者从受检者门 M2 进入 DSA 室。DSA 室内检查床南北方向设置，头部拟朝南，床旁拟设置铅防护帘，床上方拟设置悬挂铅玻璃防护屏，DSA 管球根据手术需要可在 DSA 机房内进行局部移动。

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。导管室拟采取的屏蔽防护设施如表 10-1 所示。

表 10-1 导管室屏蔽材料及厚度情况一览表

序号	场所名称	机房有效面积 (m ²)	位置	建成后屏蔽材料及厚度
1	DSA 室	38.77 (5.2m×7.5m)	东、南、 西、北墙	240mm 混凝土砖+50mm 混凝土抹灰
			地板	300mm 混凝土
			顶棚	300mm 混凝土

		机房门 M1	3mmPb
		受检者门 M2	3mmPb
		观察窗	20mm 铅玻璃（约 4mm 铅当量）

注：混凝土的密度不低于 2.35g/cm³；铅密度不低于 11.34g/cm³。

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*	单独机房	√	单独机房
2*	操作部位局部屏蔽防护设施	√	拟新增铅悬挂防护屏、床侧防护帘、移动铅防护屏风各 1 个。
3*	医护人员的个人防护	√	拟配置铅衣、铅围裙、铅帽、铅围脖各 2 件、铅防护眼镜和铅手套各 2 副
4*	患者防护	√	受检者拟配铅围裙、铅帽、铅围脖各 1 件
5*	机房门窗防护	√	铅防护门、铅玻璃观察窗
6*	闭门装置	√	平开机房防护门拟配自闭器
7*	入口处电离辐射警告标志	√	机房门上粘贴电离辐射警示标志
8*	入口处机器工作状态显示	√	机房门上拟安装工作状态指示灯
9*	监测仪器	√	新增 1 台便携式辐射巡测仪
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 室辐射防护措施

(1) 机房采取实体屏蔽和铅屏蔽措施，DSA 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，北侧控制室，西侧设备间、缓冲区，东侧走廊为监督区，分区图见图 11-1。

(3) 机房门 M1、受检者门 M2 为电动推拉门，设备间门 M3 为平开

门。拟在该项目所有机房防护门外醒目位置设置电离辐射警告标志并在防护门外上方安装工作状态指示灯，指示灯标志牌上拟设警示语“射线有害，灯亮勿入”。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。

(4) 辐射工作人员均佩戴个人剂量计。

(5) 机房内拟设有语音提示系统，并在机房北侧设有观察窗。

(6) DSA 室操作部位局部拟采取下列屏蔽防护设施：DSA 机房拟新配备手术床的床上悬挂可移动 0.5mm 铅当量的铅悬挂防护屏 1 个，床侧悬挂含 0.5mm 铅当量的床侧防护帘 1 个，同时拟新增 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) 医院配备符合防护要求的辅助防护用品，拟为 DSA 室配置工作人员防护用品，包括前 0.5mm、后 0.25mm 铅当量的工作人员防护铅衣 2 件；0.5mm 铅当量的大领铅围脖、铅围裙和铅帽各 2 件；0.5mm 铅当量的铅眼镜 2 副，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、铅围脖、铅帽子各 1 件。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；家属等候区拟设置放射防护知识宣传栏。

(11) 拟新增 1 台便携式辐射巡测仪用于自行监测。

DSA 室辐射安全设施布置及分区图见图 10-1。

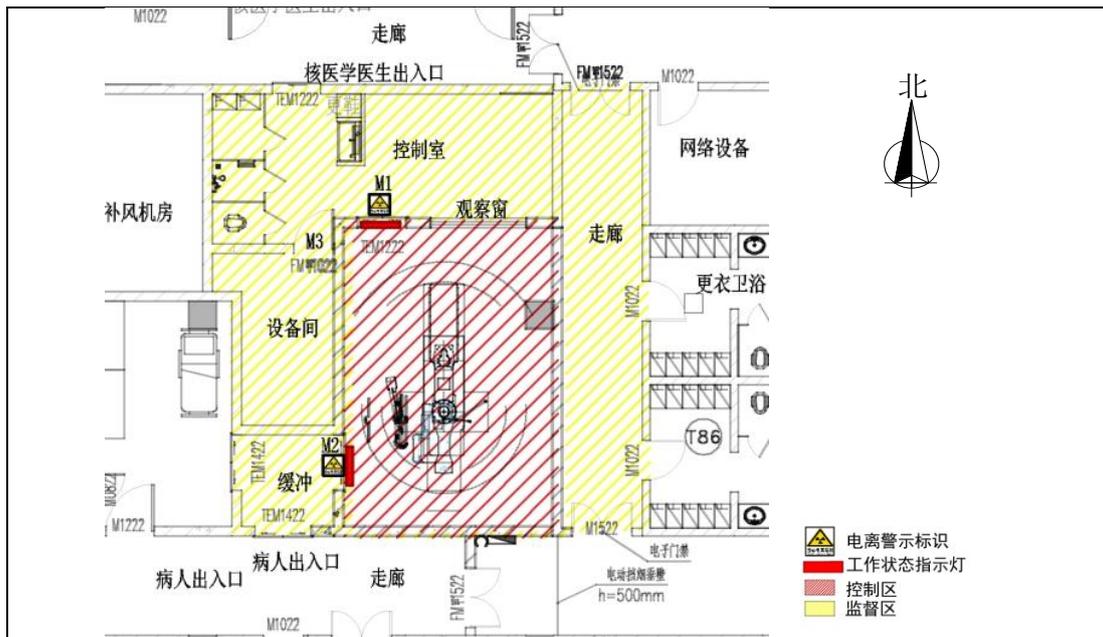


图 10-1 辐射安全设施布置图

表 10-3 DSA 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
DSA 室	东、南、西、北墙	240mm 混凝土砖+50mm 混凝土抹灰	3.3mm	2mm	是
	地板	300mm 混凝土	4mm	2mm	是
	顶棚	300mm 混凝土	4mm	2mm	是
	机房门 M1	3mmPb	3mm	2mm	是
	受检者门 M2	3mmPb	3mm	2mm	是
	控制室门 M3	3mmPb	3mm	2mm	是
	观察窗	3mmPb 铅玻璃	3mm	2mm	是
DSA 室有效尺寸：5.2m×7.5m，有效面积为 38.77m ² （标准要求：最小有效使用面积不小于 20m ² ；机房内最小单边长度不小于 3.5m）					是

备注：混凝土密度为 2.35g/cm³，参照 GBZ130 表 C，对于 DSA：125kV 有用线束的情况下 223mm 混凝土相当于 3mmPb。铅当量等效折算参考材料见附件。

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	—

DSA室 配备情 况	机房配防护铅衣、大 领铅围脖、围裙各2 件、铅眼镜、铅手套 各2副	拟新增铅悬挂防护屏、床侧 防护帘、移动铅防护屏风各 1个	拟新增铅围裙、铅围 脖、铅帽子各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。	目前手术中心导管室共 57 名相关辐射工作人员，本项目建成后拟新增 9 名医师、4 名护士和 2 名技师，手术中心导管室辐射工作人员可达 72 名（医师 48 名，护士 16 名，技师 8 名）。能够满足医院 4 台 DSA 设备辐射工作人员的需求，所有辐射工作人员上岗前需完成辐射安全与防护知识考核。	近期符合
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。	/
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。	已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	拟为新增辐射工作人员配备个人剂量计，拟新增 1 台便携式辐射巡测仪器开展自行监测。	近期符合

	仪器。		
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。	已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。	近期符合
7	有完善的辐射事故应急措施。	已制定辐射事故应急措施。	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	/

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。机房拟安装门-灯联锁安全装置及工作警示灯。	落实后符合
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。	落实后符合
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。	落实后符合
5	第十七条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装	目前手术中心导管室共57名相关辐射工作人	落实后符合

	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。	员，本项目建成后拟新增9名医师、4名护士和2名技师，手术中心导管室辐射工作人员可达72名（医师48名，护士16名，技师8名）。能够满足本项目辐射工作人员的需求，所有辐射工作人员上岗前需完成辐射安全与防护知识考核。	
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。	落实后符合

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，对振动较大的施工，尽量安排在下班或节假日进行。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

本项目位于北京市昌平区立汤路 168 号医院二期医疗楼东侧地下一层东南侧，DSA 室距离周围环境敏感点教员，50m 范围内均为医院内部，无学校、居民楼、养老院等敏感目标，无商城等人员密集场所。

本项目将划分为控制区和监督区进行管理。机房出入口内的所有区域为控制区，北侧控制室，西侧设备间、缓冲区，东侧走廊为监督区，分区图见图 11-1。两区分区合理，符合辐射防护要求。

由项目所在楼层机 DSA 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。

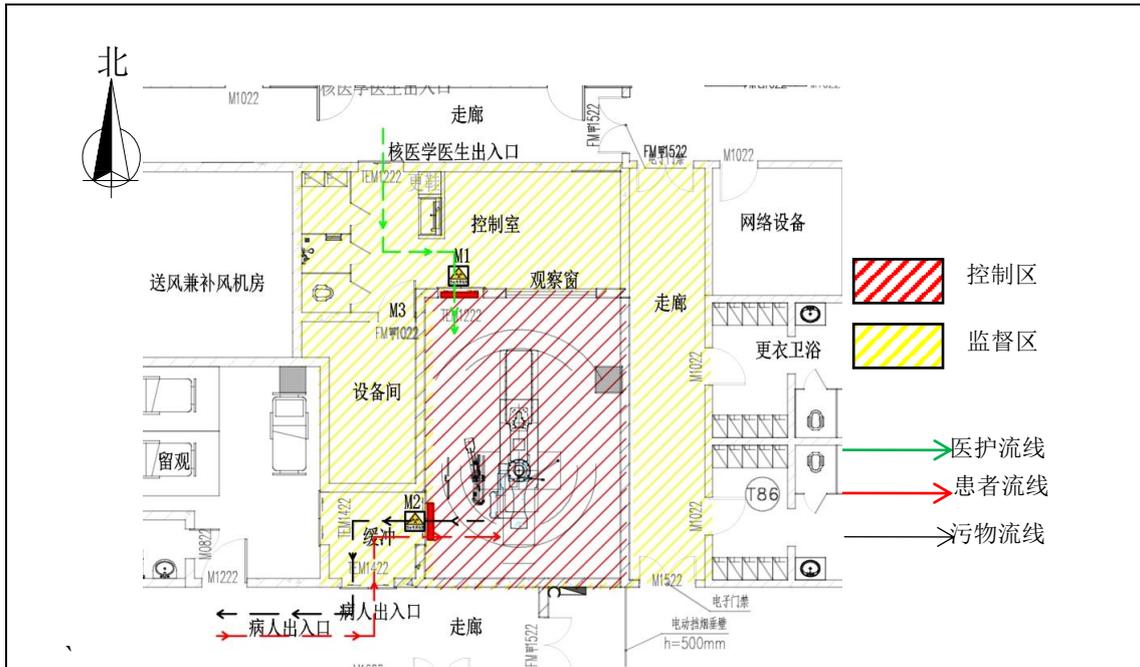


图 11-1 DSA 分区和路由平面布局示意图

11.2.2 设备参数和使用规划

(1) 设备技术参数

本项目新增使用 1 台 Optima IGS Ultra 型医用血管造影 X 射线机，生产厂家为北京通用电气华伦医疗设备有限公司，血管造影机最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA。

(2) 使用规划

根据医院提供的资料，DSA 主要用于心血管介入、神经介入、肝胆介入和血管外科介入等诊疗程序，本项目投入使用后，手术量约为 500 例/年，全院导管室总共年手术量约 4300 例，参与轮班的医师可约分为 24 组（每台 DSA 可配 6 组），每组平均年手术量约 179 例。但考虑到 DSA 设备发生故障及将来手术量增加等情况，本项目 DSA 室保守按每名医师全年手术量 500 例进行剂量估算。

根据单位提供资料及经验数据，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、手术曝光时间预计

手术类型	年手术量 (例)	单台透视 时间(min)	单台摄影 时间(min)	透视时医生 近台操作时间 (min)	摄影时医生 近台操作时间 (min)	透视时护、技 近台操作时间 (min)	摄影时护、技 近台操作时间 (min)
冠状动脉 造影+放	295	12	1	12	1	3 (0)	0.25 (0)

置支架							
心脏射频消融、心内起搏器植入	100	5	0.5	5	0.5	1.3 (0)	0.13 (0)
先心病介入治疗	50	5	1	5	1	1.3 (0)	0.13 (0)
脑血管介入	20	10	1	10	1	2.5 (0)	0.25 (0)
外周血管造影	20	10	2	10	2	2.5 (0)	0.5 (0)
其它	15	8	1	8	1	2 (0)	0.25 (0)

备注：①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间进行操作，DSA透视曝光时，医师在手术间内近台操作；②护士为辅助人员，透视时偶尔会在机房内，透视居留因子取1/4，摄影（采集）时都在操作间；③技师都在操作间（控制室）操作，不在DSA机房内。④本项目护士的机房内透视按医师近台透视的工作时间进行估算；⑤护士、技师机房外的透视和摄影工作按每年最大手术量1000例修正后的时间进行估算。

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。本项目护士的机房内工作时间均按医师500例手术透视工作状态的累积出束时间按100h进行估算；护士、技师机房外的透视和摄影工作按每年最大手术量1000例修正后，护士、技师机房外透视和摄影时间保守取200h和33.4h进行估算。

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 $500\text{mA} \times 15\text{帧/s} \times 0.01\text{s/帧} \times 2\text{min} + 10\text{mA} \times 12\text{min} = 270\text{mA} \cdot \text{min}$ （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 $160\text{mA} \cdot \text{min/患者}$ 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， $\mu\text{Gy/h}$ ；

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，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，m；

F 为 R_0 处的辐射野面积， m^2 （取 400cm^2 ）；

α 为散射因子，定义为入射辐射被面积为 400cm^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° 方向 400cm^2 的散射因子 1.3×10^{-3} 。

根据NCRP147报告100kV设备有用线束距焦点1m处输出量约为 $4.692\text{mGy/mA} \cdot \text{min}$ ，则设备在上述摄影工况时有用束的剂量率为 $4.692\text{mGy/mA} \cdot \text{min} \times 500\text{mA} \times 60\text{min/h} \times 15\text{帧/s} \times 0.01\text{s/帧} = 21.1\text{Gy/h}$ （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 76.2mGy/h 。泄漏辐射取有用束输出量的0.1%，为 21.1mGy/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 97.3mGy/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 97.3mGy/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：

$$H = H_0 \times B/R^2 \quad (11-2)$$

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

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

R —散射面中心点到关注点的距离，m；

B —屏蔽体衰减因子；

χ —某种屏蔽材料的厚度；

α 、 β 、 γ —与不同屏蔽材料有关的三个拟合参数。

由于GBZ130-2020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DSA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，DSA楼上、楼下剖面图见图11-3。

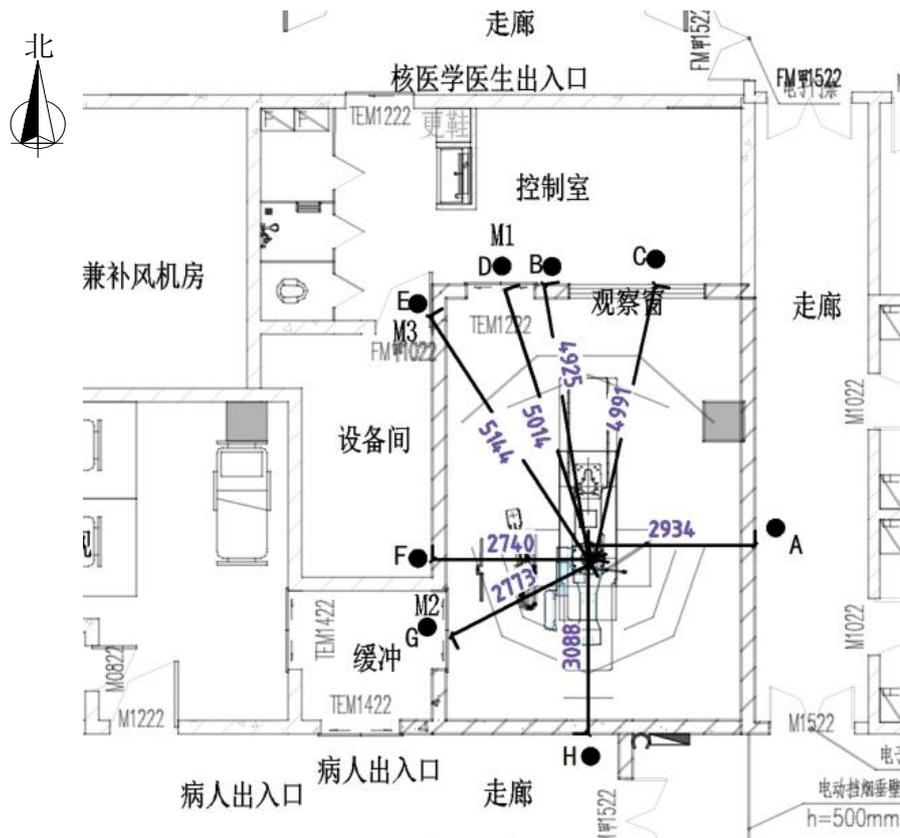


图 11-2 DSA 室估算点位示意图

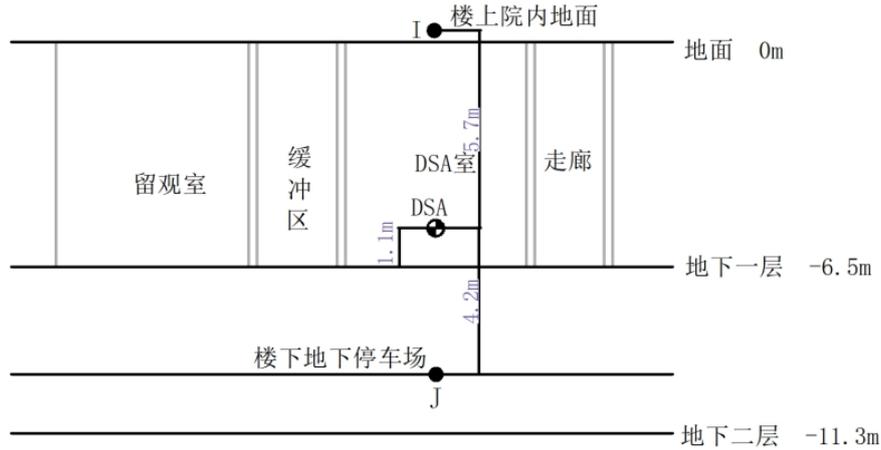


图 11-3 DSA 室楼上、楼下剖面图

表 11-2 摄影工况下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^{-1}) *	射线束	估算预 测距离 /m	屏蔽后附 加剂量率 $\mu\text{Gy/h}$	备注
D S A 室	东墙外 30cm 处 A	240mm 混凝土砖 +50mm 混凝土抹灰 (3.3mmPb 铅当量)	2.95E-05	泄漏+散射	3.2	2.80E-01	走廊
	北墙外 30cm 处 B	240mm 混凝土砖 +50mm 混凝土抹灰 (3.3mmPb 铅当量)	2.95E-05	泄漏+散射	5.2	1.06E-01	控制室
	观察窗外 30cm 处 C	3mmPb 铅玻璃	6.00E-05	泄漏+散射	5.2	2.16E-01	控制室
	操作室门 M1 外 D	3mm 铅	6.00E-05	泄漏+散射	5.3	2.08E-01	控制室
	北墙外 30cm 处 E	240mm 混凝土砖 +50mm 混凝土抹灰 (3.3mmPb 铅当量)	2.95E-05	泄漏+散射	5.4	9.85E-02	控制室
	西墙外 30cm 处 F	240mm 混凝土砖 +50mm 混凝土抹灰 (3.3mmPb 铅当量)	2.95E-05	泄漏+散射	3.0	3.19E-01	设备间
	缓冲间门 M2 外 30cm 处 G	3mm 铅	6.00E-05	泄漏+散射	3.0	6.48E-01	缓冲间
	南墙外 30cm 处 H	240mm 混凝土砖 +50mm 混凝土抹灰 (3.3mmPb 铅当量)	2.95E-05	泄漏+散射	3.3	2.64E-01	走廊
	楼上离地 30cm 处 I	300mm 混凝土	5.67E-06	泄漏+散射	5.7	1.70E-02	楼外 空地
	楼下离地 1.7m 处 J	300mm 混凝土	5.67E-06	泄漏+散射	4.2	3.13E-02	地下 停车场

备注：泄漏和散射 1m 处剂量率取 $9.73\text{E}+04\mu\text{Gy/h}$ ； 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，DSA 室外周围附加剂量率最

大值为 $6.48E-01\mu\text{Gy/h}$ ，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 DSA 室周围 50m 评价范围内的其他治疗室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 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：

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

式中：

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

α ——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；

β ——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 μ 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 μ Sv/h 和 3000 μ Sv/h，计算 H_u 时，透视模式和采集模式对应剂量率为 10 μ Sv/h 和 75 μ 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， μ Sv；

D ——计算点附加剂量率， μ 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，透视时偶尔会在机房内，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 DSA 手术内。

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。

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 DSA 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 (μSv)		
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	100	1/16	188	
		透视 (铅衣外)	400				
	控制室 (技师)	透视	2.16E-02	200	1		11.5
		摄影	2.16E-01	33.4	1		

备注：①机房外的工作时间按每年最大手术量 1000 例修正，护士、技师机房外透视和摄影时间保守取 200h 和 33.4h；②机房外剂量率以 DSA 室观察窗外 30cm 处 C 点的附加剂量保守估算，其中机房外透视情况下的剂量率取摄影工况下剂量率的 1/10。

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，DSA 室医师的年附加有效剂量不大于 3.72mSv，机房外的技师年附加剂量约为 0.012mSv，护士的年附加剂量约为 0.19mSv。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 DSA 室外主要关注点辐射剂量率水平，同时考虑 DSA 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 DSA 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 (μGy/h)		年工作时间 (h/a) *	居留因子	年附加有效剂量 (μSv)
公众	缓冲间门 M2	透视	6.48E-02	200	1/16	2.03
		摄影	6.48E-01	33.4	1/16	
	楼上 I 楼外空地	透视	1.70E-03	200	1/4	0.23
		摄影	1.70E-02	33.4	1/4	
	楼下 J 地下停车场	透视	3.13E-03	200	1/4	0.42
		摄影	3.13E-02	33.4	1/4	

备注：*机房外的工作时间按每年最大手术量 1000 例修正。

根据上述估算结果，DSA 室外主要公众关注点年附加剂量最大值为 2.03μSv，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 2.03μSv。

综上所述，在 DSA 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，假设连锁故障，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 2.5 μ Sv/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	机房采取分区管理、实体屏蔽。设置工作状态指示灯、电离辐射警告标志、急停按钮等，可有效防止职业和公众受到意外照射。
监测仪器	配备检测仪器：新增 1 台便携式辐射巡测仪，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 1-5 所示。本项目为在已许可项目增加同类型的设备，相关负责人将继续担任辐射安全管理委员会成员，负责相关科室的日常管理。辐射安全管理小组的职责：

1. 在医院辐射安全管理委员会主席的领导下，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，在辐射安全管理委员会主席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. 建立装置档案，组织医院有关部门和人员对使用的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

目前医院手术中心导管室现有 3 台 DSA 设备，共 57 名相关辐射工作人员，其中医生 39 名，护士 12 名，技师 6 名。本项目建成后，由手术中心导管室统一管理，拟新增 9 名医师、4 名护士和 2 名技师，手术中心导管室辐射工

作人员可达 72 名（医师 48 名，护士 6 名，技师 8 名）。目前，医院现有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，经过考核合格后持证上岗，并及时参加每五年一次的重新考核，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

北京清华长庚医院制定了多项辐射安全管理制度，包括辐射防护和安全保卫制度、操作规程、设备检修维护制度、辐射工作人员培训考核制度、辐射工作人员个人剂量监测制度、工作场所和环境辐射水平监测方案、辐射工作岗位职责、台帐管理制度、放射性废物管理制度、辐射事故应急制度等。

本项目实施后，北京清华长庚医院将结合新项目的开展，在重新申领辐射安全许可证前，组织相关人员完善相关制度，如监测方案、辐射突发环境事件应急预案等，确保全部辐射工作有章可循。同时，组织各科室人员进行学习，确保依照规定安全使用射线装置。

12.3 辐射监测

12.3.1 个人剂量监测

北京清华长庚医院根据制订了医院有关辐射工作人员个人剂量监测的管理要求，并将辐射工作人员个人剂量监测工作作为全院辐射监测计划体系的管理目标之一，要求全院辐射工作人员按要求接受个人剂量监测，监测频度为每 3 个月检测一次，并按照《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。辐射工作人员进行个人剂量监测发现监测结果异常的，立即核实和调查，并将有关情况文字记录。

全院现有的辐射工作人员的个人剂量监测工作已委托中国医学科学院放射医学研究所承担，本项目投入使用后，所涉及新增辐射工作人员将继续进行个人剂量监测。

12.3.2 工作场所和辐射环境监测

医院每年委托有 CMA 资质的单位对本项目 DSA 工作场所进行 1 次辐射环境水平监测，检测数据记录存档。

12.3.3 本项目工作场所自行监测方案

医院拟新增 1 台便携式辐射巡测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。针对本次 DSA 项目，拟建立辐射环境自行监测方案，导管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：便携式辐射巡测仪
- (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	测点编号	测点位置	剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	检测频次
DSA 室	1	观察窗外		1 次/年
	2	机房门外		1 次/年
	3	受检者门外		1 次/年
	4	西侧设备间		1 次/年
	5	北侧控制室		1 次/年
	6-7	东墙、南墙外走廊		1 次/年
	8	楼上楼外空地		1 次/年
	9	楼下停车场		1 次/年

备注：观察窗和防护门为四周搭接处和中间区域。

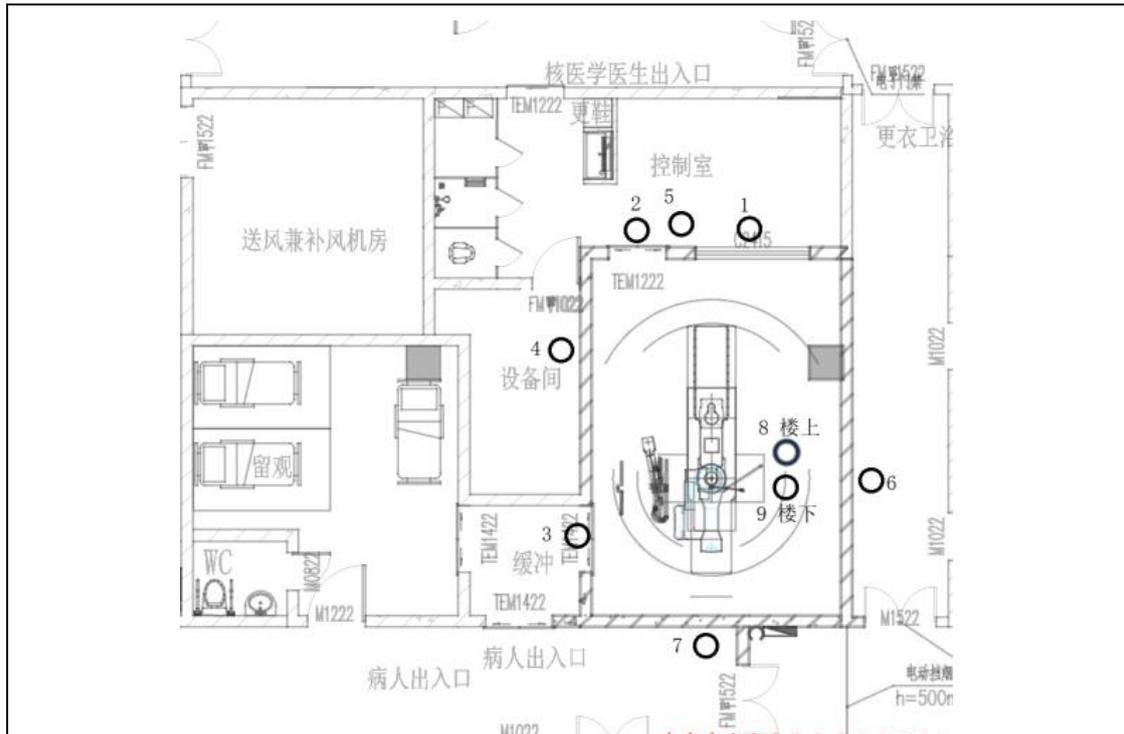


图 12-1 DSA 室周围自行检测点位图

12.4 辐射事故应急管理

北京清华长庚医院依据《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《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，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

北京清华长庚医院拟新建一个 DSA 室及新增使用 1 台血管造影机。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

本项目位于北京清华长庚医院二期医疗楼地下一层东南侧，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 DSA 室的辐射屏蔽措施分析可知，机房外周围剂量当量率不超过 2.5 μ 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）根据现场监测和估算结果可知，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，北京清华长庚医院新建一个 DSA 室及新增使用 1 台血管造影机，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。

